

Masterarbeit im Studiengang Print & Publishing

**Kritische Punkte beim nachhaltigen Publizieren
per Print-on-Demand**

vorgelegt von Michael Pabsdorf
(Matrikel-Nummer 28370)

an der Hochschule der Medien Stuttgart
am 6. Januar 2016

zur Erlangung des akademischen Grades eines Master of Science
(M.Sc.)

Erstprüfer: Prof. Wolfgang Faigle
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Gunter Hübner

Praxisbetreuer: Andreas Faul (INGEDE e.V.)

*Hiermit versichere ich, Michael Pabsdorf, ehrenwörtlich,
dass ich die vorliegende Masterarbeit mit dem Titel*

„Kritische Punkte beim nachhaltigen Publizieren per Print-on-Demand“

*selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst
und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.*

*Die Stellen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken entnommen wurden,
sind in jedem Fall unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.*

Die Arbeit ist noch nicht veröffentlicht oder in anderer Form als Prüfungsleistung vorgelegt worden.

*Ich habe die Bedeutung der ehrenwörtlichen Versicherung und die prüfungsrechtlichen Folgen
(§ 19 Abs. 2 Master-SPO (4 Semester und berufsbegleitend) der HdM)
einer unrichtigen oder unvollständigen ehrenwörtlichen Versicherung zur Kenntnis genommen.*

Kurzfassung:

Als Grundlage für diese Arbeit dient die Theorie, dass ein Print-on-Demand-Prozess die nachhaltigere Variante des Publizierens von Drucksachen sein müsste – immerhin schont dieser nicht nur die Ressourcen, da nur die wirklich nachgefragten Publikationen hergestellt werden und per dezentralem Drucken auch die Transportwege minimiert werden können, sondern er ist auch finanziell günstiger, da keine Lagerkosten für eine Auflage anfallen und die Entsorgungskosten von nicht verkauften Publikationen ebenso wegfallen.

Damit ein Print-on-Demand-Prozess aber wirklich nachhaltig ist, müssen noch diverse kritische Punkte beachtet werden: So muss ein Verlag seine Publikationen sowohl in gedruckter als auch in elektronischer Version veröffentlichen – denn das Leseverhalten bestimmt, welche von beiden die nachhaltigere ist. Dies konnte an unterschiedlichen Kriterien, wie dem Verbrauch von Energie und Ressourcen sowie der Erneuerbarkeit oder Recyclebarkeit von letzteren festgemacht werden. Dieser Sachverhalt wiederum bedingt, dass im Verlag ein crossmedialer Workflow aufgebaut werden muss – und in der Druckerei nicht nur Digitaldruckmaschinen genutzt werden müssen, sondern auch Digital-Weiterverarbeitungs-Maschinen.

Weiterhin müssen Verlage und Druckereien, wenn sie einen Print-on-Demand-Prozess zur Herstellung von gedruckten Publikationen nutzen, sowohl Papiere als auch die Druckfarben mit Bedacht auswählen – denn es hängt von beiden Teilen ab, inwiefern die hergestellte Drucksache deinkbar ist, sodass aus ihr nach ihrer Nutzung neues Papier hergestellt werden kann.

Aus diesem Grund wurden in dieser Arbeit verschiedene dynamische Digitaldruckverfahren hinsichtlich ihrer Eignung für Print-on-Demand evaluiert. Zudem wurden mit verschiedenen Sorten von Tinten und Tonern unterschiedliche Arten von Papieren bedruckt und danach einer Deinkbarkeitsprüfung nach der verbreiteten INGEDE-Methode II unterzogen. Schließlich wurden die verschiedenen Farb-Papier-Kombinationen anhand der ERPC Deinkability Scorecard bewertet. Die entstandene Farb-Papier-Matrix soll Verlagen und Druckereien als Entscheidungshilfe dienen, damit diese auch dann deinkbare Drucksachen in Auftrag geben bzw. herstellen können, wenn sie einen Print-on-Demand-Prozess nutzen.

Schlagworte:

Nachhaltigkeit, Deinkbarkeit, Print-on-Demand, dynamische Digitaldruck-Verfahren, crossmediales Publizieren

Abstract:

The base set for this thesis is the theory that a print-on-demand process should be a more sustainable way of publishing – after all, it not only preserves resources, because only those publications are manufactured which are really demanded and transportation distances can be minimized by de-central printing, it is also financially more viable, as no inventory costs for a print run incur anymore and disposal costs for unsold publications cease to exist as well.

But in order for a print-on-demand process to be truly sustainable, different critical issues have to be taken into account: For example, a publisher has to release his publications in both a printed and an electronic version – because it is the reading behavior which determines which is the more sustainable one. This was exemplified by various criteria, like the consumption of energy and resources plus the renewability and recycability of the latter. This circumstance in turn entails that a cross-media workflow has to be established in a publishing company – and that in a printing house not only digital printing machines have to be utilized, but also digital finishing machines.

Furthermore, publishers and printers have to choose papers as well as inks with care, if they adopt a print-on-demand process for manufacturing printed publications – because it depends on both, to what extent the fabricated print work is deinkable, so new paper can be made out of it after it has been used.

On this account, various dynamic digital printing processes have been evaluated in this thesis in regard to their appropriateness for print-on-demand. Moreover, diverse types of paper have been printed with varying sorts of inks and tones, whereafter they were subjected to a deinkability test according to the prevalent INGEDE Method 11. Finally, the different ink-paper-combinations have been rated according to the ERPC Deinkability Scorecard. The resulting ink-paper-matrix shall serve as a decision guidance for publishers and printers, so they can commission or, respectively, manufacture deinkable print works even while using a print-on-demand process.

Key Words:

sustainability, deinkability, print-on-demand, dynamic digital printing processes, cross-media publishing

Inhaltsverzeichnis

1	Hintergründe zu den Begriffen.....	1
1.1	Das Konzept der Nachhaltigkeit.....	1
1.2	Die gedruckte Publikation im Papier-Kreislauf.....	6
1.3	Hintergründe zum Print-on-Demand-Prozess.....	8
1.3.1	Vorteile von Print-on-Demand.....	8
1.3.2	Grundlagen zu Computer-to-X und dem dynamischen Digitaldruck.....	8
1.3.3	Funktionsweise der einzelnen dynamischen Digitaldruckverfahren und ihre Eignung für einen Print-on-Demand-Prozess.....	12
	a) Stiftplotter.....	12
	b) Nadeldrucker.....	12
	c) Elektrofotografie (inkl. Ionografie).....	13
	d) Magnetografie.....	14
	e) Elektrografie.....	15
	f) Thermodirektdruck.....	15
	g) Thermal Autochrome.....	16
	h) Thermotransferdruck.....	17
	i) Thermodiffusionsdruck.....	17
	j) Digitale Bebilderung von Fotosubstraten.....	18
	k) Pictography.....	19
	l) Continuous Inkjet.....	19
	m) Drop-on-Demand Inkjet.....	21
1.4	Kritische Punkte für die Nachhaltigkeit eines Print-on-Demand-Prozesses.....	24
2	Die Nachhaltigkeit der verschiedenen Medientypen.....	25
2.1	Gedanken zu allgemeinen Indikatoren.....	25
2.2	Der Energieverbrauch.....	27
2.3	Die Erneuerbarkeit der Ressourcen.....	29
2.4	Die Recyclebarkeit der Medien.....	30
2.5	Messgrößen für den Verbrauch an materiellen Ressourcen.....	31
2.6	Messgrößen für den Output und zusätzliche Aufwendungen.....	32
2.7	Die Dauerhaftigkeit des Inhalts.....	33
3	Der crossmediale Verlagsablauf in Kombination mit Print-on-Demand.....	34
4	Der Einfluss von Druckfarben und Papieren aus einem Print-on-Demand-Prozess auf den Papierkreislauf.....	35
4.1	Schwierigkeiten bei der Wiederaufbereitung von digital bedrucktem Papier.....	35
4.2	Prinzipien der Altpapier-Aufbereitung in einer Papierfabrik.....	36
4.3	Simulation und Bewertung der Flotations-Deinkbarkeit mit Hilfe der INGEDE-Methode 11 und der ERPC Deinkability Scorecard.....	39
4.4	Untersuchung der Flotations-Deinkbarkeit diverser Kombinationen von Digitaldruckfarben und Papier.....	44
	4.4.1 Das Problem der fehlenden Entscheidungshilfen.....	44
	4.4.2 Die Papierauswahl.....	44
	a) Ein Wirrwar an Bezeichnungen.....	44

b) Auswahlmöglichkeiten anhand der Herstellungsschritte eines Papieres und den dort verwendeten Materialien.....	45
c) Auswahl von Papieren für Voruntersuchungen.....	51
d) Methodik der Mikroskopaufnahmen per Laserscanning.....	55
e) Saugfähigkeits-Tests per Cobb ₃₀ -Methodik.....	55
f) Methodik der Blistering-Tests.....	57
g) Ergebnisse der Vorversuche und finale Papierauswahl.....	57
4.4.3 Erstellen einer Testform für das Format A3.....	74
4.4.4 Auswahl der Druckmaschinen für eine Druckfarbe, der Druckereien sowie der dort verwendeten Druckeinstellungen.....	75
a) Wasserbasierte Farbstofftinte.....	76
b) Wasserbasierte Pigmenttinte.....	76
c) Lösemitteltinte.....	77
d) Ölbasierte Pigmenttinte.....	78
e) UV-härtende Tinte.....	79
f) Wachstinte / Hot-Melt-Tinte.....	80
g) Trockentoner.....	81
h) Flüssigtoner.....	81
4.4.5 Finale Farb-Papier-Kombinationen.....	82
4.4.6 Durchführung der Deinking-Versuche.....	83
a) Geräte und Utensilien.....	83
b) Verwendung der Masse als Einheit und angepasste Deinking-Chemie.....	85
c) Konstanthalten der Farbmenge und der Trockenmasse an Papier.....	86
d) Vorversuche mit unbedrucktem Papier zum Feststellen der zu verwendenden Deinking-Chemie.....	86
e) Besondere Festlegungen bei den eigentlichen Deinking-Versuchen.....	87
f) Eindampfung der Memjet-Filtrate statt Nutzung von Retentionsmittel.....	89
4.4.7 Messung der Deinkbarkeits-Parameter.....	90
a) Reflexions- & Farbwerte.....	90
b) Schmutzpunkte.....	92
4.4.8 Auswertung der Deinkbarkeits-Parameter.....	93
a) Hellbezugswerte (Y).....	94
b) Grün- & Rotstichigkeit (a*).....	96
c) Flächenanteile der Schmutzpunkte >50 µm (A50).....	98
d) Flächenanteile der Schmutzpunkte >250 µm (A250).....	100
e) Ink Elimination (IE700).....	102
f) Filtratverdunklungen (ΔY).....	104
h) Gesamtpunktzahlen.....	106
5 Zusammenfassung und Empfehlungen für weitere Forschung.....	108
Anhang A: Details zu den Saugfähigkeits-Tests nach der Cobb ₃₀ -Methodik.....	111
Anhang B: Die Testformen.....	119
Anhang C: Vorversuche zum Deinking (Papiermenge & passende Chemie).....	124
C.1 Trockengewichte der zu bedruckenden Blätter	124

C.2	Bestimmung der Menge an Drucken & Auffüllblättern.....	125
C.3	Bestimmung der Deinking-Chemie für die Deinking-Versuche.....	126
C.4	Bestimmung der Menge an Drucken & Auffüllblättern – Wiederholung nach Ausschluss des UniSolv.....	127
C.5	Bestimmung der Deinking-Chemie für die Deinking-Versuche – Wiederholung wegen Fehlerhaftigkeit der Hach-Messelektrode.....	128
Anhang D:	Daten & Ergebnisse zu den einzelnen Deinking-Versuchen.....	129
Deinking-Versuch #1:	Memjet auf Navigator.....	130
Deinking-Versuch #2:	Riso auf Navigator.....	132
Deinking-Versuch #3:	Riso auf DNS Color Print.....	134
Deinking-Versuch #4:	Riso auf PaperOne Digital.....	136
Deinking-Versuch #5:	Memjet auf PaperOne Digital.....	138
Deinking-Versuch #6:	Memjet auf DNS Color Print.....	140
Deinking-Versuch #7:	Riso auf maxiscript.....	142
Deinking-Versuch #8:	Memjet auf maxiscript.....	144
Deinking-Versuch #9:	Riso auf jetscript ML.....	146
Deinking-Versuch #10:	Memjet auf jetscript ML.....	148
Deinking-Versuch #11:	Riso auf Mohawk Loop Eco white vellum.....	150
Deinking-Versuch #12:	Memjet auf Mohawk Loop Eco white vellum.....	152
Deinking-Versuch #13:	OfficeJet Pro X auf Navigator.....	154
Deinking-Versuch #14:	OfficeJet Pro X auf Mohawk Loop Eco white vellum.....	156
Deinking-Versuch #15:	Riso auf UPM Finesse premium silk.....	158
Deinking-Versuch #16:	Memjet auf UPM Finesse premium silk.....	160
Deinking-Versuch #17:	Riso auf UPM Digi Finesse premium silk.....	162
Deinking-Versuch #18:	Memjet auf UPM Digi Finesse premium silk.....	164
Deinking-Versuch #19:	Riso auf Modo Jet Plus.....	166
Deinking-Versuch #20:	Memjet auf Modo Jet Plus.....	168
Deinking-Versuch #21:	OfficeJet Pro X auf UPM Digi Finesse premium silk.....	170
Deinking-Versuch #22:	OfficeJet Pro X auf Modo Jet Plus.....	172
Deinking-Versuch #23:	OfficeJet Pro X auf UPM Finesse premium silk.....	174
Deinking-Versuch #24:	OfficeJet Pro X auf maxiscript.....	176
Deinking-Versuch #25:	OfficeJet Pro X auf PaperOne Digital.....	178
Deinking-Versuch #26:	OfficeJet ProX auf jetscript ML.....	180
Deinking-Versuch #27:	OfficeJet Pro X auf DNS Color Print.....	182
Deinking-Versuch #28:	ColorQube auf Navigator.....	184
Deinking-Versuch #29:	ColorQube auf maxiscript.....	186
Deinking-Versuch #30:	ColorQube auf UPM Finesse premium silk.....	188
Deinking-Versuch #31:	ColorQube auf Modo Jet Plus.....	190
Deinking-Versuch #32:	ColorQube auf UPM Digi Finesse premium silk.....	192
Deinking-Versuch #33:	ColorQube auf DNS Color Print.....	194
Deinking-Versuch #34:	ColorQube auf Mohawk Loop Eco white vellum.....	196
Deinking-Versuch #35:	ColorQube auf jetscript ML.....	198
Deinking-Versuch #36:	ColorQube auf PaperOne Digital.....	200

Deinking-Versuch #37: Versant Press auf Navigator.....	202
Deinking-Versuch #38: Versant Press auf Mohawk Loop Eco white vellum.....	204
Deinking-Versuch #39: Versant Press auf Modo Jet Plus.....	206
Deinking-Versuch #40: Versant Press auf UPM Digi Finesse premium silk.....	208
Deinking-Versuch #41: Versant Press auf maxiscript.....	210
Deinking-Versuch #42: Versant Press auf UPM Finesse premium silk.....	212
Deinking-Versuch #43: Versant Press auf DNS Color Print.....	214
Deinking-Versuch #44: Versant Press auf PaperOne Digital.....	216
Deinking-Versuch #45: Versant Press auf jetscript ML.....	218
Deinking-Versuch #46: Indigo auf DNS Color Print.....	220
Deinking-Versuch #47: Indigo auf UPM Digi Finesse premium silk.....	222
Deinking-Versuch #48: Indigo auf Mohawk Loop Eco white vellum.....	224
Deinking-Versuch #49: Indigo auf Navigator.....	226
Deinking-Versuch #50: Indigo auf maxiscript.....	228
Deinking-Versuch #51: Indigo auf UPM Finesse premium silk.....	230
Deinking-Versuch #52: Indigo auf Modo Jet Plus.....	232
Deinking-Versuch #53: Indigo auf PaperOne Digital.....	234
Deinking-Versuch #54: Indigo auf jetscript ML.....	236
Deinking-Versuch #55: 1617H auf DNS Color Print.....	238
Deinking-Versuch #56: 1617H auf Navigator.....	240
Deinking-Versuch #57: 1617H auf Mohawk Loop Eco white vellum.....	242
Deinking-Versuch #58: 1617H auf UPM Digi Finesse premium silk.....	244
Deinking-Versuch #59: 1617H auf Modo Jet Plus.....	246
Deinking-Versuch #60: 1617H auf PaperOne Digital.....	248
Deinking-Versuch #61: 1617H auf maxiscript.....	250
Deinking-Versuch #62: 1617H auf UPM Finesse premium silk.....	252
Deinking-Versuch #63: 1617H auf jetscript ML.....	254
Deinking-Versuch #64: JFX (LUS150) auf UPM Finesse premium silk.....	256
Deinking-Versuch #65: JFX (LUS150) auf maxiscript.....	258
Deinking-Versuch #66: JFX (LUS150) auf Modo Jet Plus.....	260
Deinking-Versuch #67: JFX (LUS150) auf UPM Digi Finesse premium silk.....	262
Deinking-Versuch #68: JFX (LUS150) auf PaperOne Digital.....	264
Deinking-Versuch #69: JFX (LUS150) auf Mohawk Loop Eco white vellum.....	266
Deinking-Versuch #70: JFX (LUS150) auf Navigator.....	268
Deinking-Versuch #71: JFX (LUS150) auf DNS Color Print.....	270
Deinking-Versuch #72: JFX (LUS150) auf jetscript ML.....	272
Quellenverzeichnis.....	275

Bildverzeichnis

Bild 1: Das zu einem Regelkreis umgebaute Nachhaltigkeitsdreieck.....	5
Bild 2: Der Papierkreislauf und seine Teilnehmer.....	6
Bild 3: Einordnung von Computer-to-X-Verfahren in statischen und dynamischen Digitaldruck.....	10
Bild 4: Übersicht über dynamische Digitaldruck-Verfahren und der in ihnen verwendeten Farbmaterialien.....	11
Bild 5: Schema eines Nadeldruckers.....	12
Bild 6: LED-Array bei der Elektrofotografie.....	13
Bild 7: Prinzip des elektrofotografischen Druckprozesses mit Heizwalzen.....	13
Bild 8: Druckwerk einer HP Indigo.....	14
Bild 9: Schema des Thermodirektdrucks.....	15
Bild 10: Schema von Thermal Autochrome.....	16
Bild 11: Schema des Thermotransferdrucks.....	17
Bild 12: Schema des Thermodiffusionsdrucks.....	18
Bild 13: Schema der digitalen Bebilderung von Fotosubstraten.....	18
Bild 14: Ablaufschema der Pictography.....	19
Bild 15: Schema eines Continuous Inkjets mit Binary Deflection.....	20
Bild 16: Schema eines Continuous Inkjets mit Multiple Deflection.....	20
Bild 17: Schema des Tropfenausstoßes beim thermalen Drop-on-Demand Inkjet (links) und beim piezoelektrischen Drop-on-Demand-Inkjet (rechts).....	21
Bild 18: Verhalten der verschiedenen Druckfarben bzw. -verfahren beim Flotations-Deinking.....	24
Bild 19: Energieverbrauch diverser Toner- und Inkjet-Maschinen.....	28
Bild 20: Erfüllung von Nachhaltigkeitskriterien für Papiere bei diversen Zertifizierungen.....	29
Bild 21: Übersicht über die Prozesse in einer Papierfabrik.....	36
Bild 22: Funktionsweise eines Pulpers.....	36
Bild 23: Bauweisen von Pulper-Rotoren abhängig von der Stoffdichte.....	36
Bild 24: Bauweise einer Auflösetrommel für Altpapier.....	36
Bild 25: Schema eines Zentrifugalreinigers.....	37
Bild 26: Maschinen und deren Wirkungsmethoden zur Farbentfernung aus dem Altpapier.....	37
Bild 27: Sortenpyramide der Inkjet-Papiere.....	45
Bild 28: Schema der Herstellungs-Schritte (links) und Finishing-Schritte (rechts) bei der Papierherstellung.....	46
Bild 29: Aluminiumhydroxid-Partikel bei 10000-facher Vergrößerung.....	47
Bild 30: Satinweiß-Kristalle mit einer Länge von 0,8 µm und einer Dicke von 0,1–0,2 µm.....	47
Bild 31: Gemahlenes Calciumcarbonat bei 5000-facher Vergrößerung.....	47
Bild 32: Ausgewaschene Kaolinplättchen bei 20000-facher Vergrößerung.....	48
Bild 33: Gefällte Kieselsäure-Partikel bei 10000-facher Vergrößerung.....	48
Bild 34: Kunststoff-Pigmente mit 0,2 & 0,9 µm Durchmesser.....	48
Bild 35: Titandioxid unter 200000-facher Vergrößerung.....	49
Bild 36: Das Keyence VK-9710 vor dem Scan der nicht-permanent aufgeklebten Papiere.....	55
Bild 37: Stanze zum Herstellen der Paperscheiben für Cobb-Versuche.....	56
Bild 38: Geräte und Materialien zum Durchführen der Cobb-Versuche.....	56
Bild 39: Geräte und Materialien für die Blistering-Tests: Klimakammer, Heizplatte mit Thermostat sowie Silikonöl....	57

Bild 40: Der Memjet C6030 MFP.....	76
Bild 41: Der über HPs Try-&-Buy-Aktion beschaffte OfficeJet Pro X476dw MFP.....	76
Bild 42: Der in Mutohs Democenter befindliche ValueJet 1617H.....	77
Bild 43: Wichtige Schritte zum Druck von mehreren Nutzen auf dem ValueJet 1617H durch Verwendung eines Trägerkartons.....	78
Bild 44: Eine Riso ComColor X1 3150.....	79
Bild 45: Die Mimaki JFX500-2131 von Stichnothe beim Bedrucken von 7x2 Bögen A3.....	80
Bild 46: Der Xerox ColorQube 9303 von Copy Cobana.....	80
Bild 47: Eine Xerox Versant 2100 Press.....	81
Bild 48: Die HP Indigo 5000 von E. Kurz.....	81
Bild 49: Der Hobart N 50 im Labor der INGEDE nach dem Pulpen einer Drucksache.....	83
Bild 50: Das pH-Wert- & Temperaturmessgerät Hach HQ40d multi während einer Messung.....	83
Bild 51: Der Extech ExStik II, in Wasser aufbewahrt.....	84
Bild 52: Die zur Verfügung gestellte Voith A Flotationszelle mit Paddel und Schaumkiste während einer Flotation.....	84
Bild 53: Gesamtkonstruktion zur Herstellung von Membranfiltern.....	84
Bild 54: Aufbau zur Herstellung eines Nutschenblatts.....	84
Bild 55: Der zur Verfügung gestellte Rapid-Köthen-Blattbildner mit vier Trocknern während der Herstellung eines Laborblatts.....	85
Bild 56: Utensilien für einen Vorversuch zur pH-Wert-Bestimmung mit 1/10 aller Mengen.....	87
Bild 57: Der zum Auffasern des Sihl UniSolv verwendete Guzzini-Pürierstab.....	87
Bild 58: Faserrückstände in der Voith A Flotationszelle nach deren Ablassen – in der hinteren rechten Ecke sind noch gefärbte Fasern zu sehen, die von der Flotation wohl nicht erfasst wurden.....	88
Bild 59: Kontrollwägung eines hergestellten Laborblatts.....	89
Bild 60: Eindampfen der gefärbten Filtrate mit dem IR-Strahler Burda Smart2000.....	90
Bild 61: Im Deckel einer 100-g-Salbenkruke kochendes Filtrat.....	90
Bild 62: Das Elrepho 2000 der INGEDE mit einem eingelegten Nutschenblatt.....	90
Bild 63: Programmfenster der Software WinPaper Rev. 4606 mit dem Prüfprogramm ›INGEDE‹ inklusive Messwerten eines UP-Nutschenblatts.....	91
Bild 64: Der Epson Perfection V750 PRO der INGEDE.....	92
Bild 65: Epson Perfection V750 PRO mit eingelegtem Laborblatt.....	92
Bild 66: Startfenster von DOMAS 3.01.....	92
Bild 67: Export-Fenster von DOMAS 3.01 mit sinnvollen Scan-Einstellungen.....	92
Bild 68: OPTIMATE-Fenster von DOMAS 3.01 zum Überprüfen eines Schmutzpunkt-Scans.....	93

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auswertung der Vorversuche zur Papierauswahl.....	72
Tabelle 2: Die Matrix der verwendeten Farb-Papier-Kombinationen einschließlich der verwendeten Druckmaschinen.	82
Tabelle 3: Hellbezugswerte der verschiedenen Farb-Papier-Kombinationen nach deren Deinking sowie der erreichte Deinkability Score bei einem Wertebereich der Hellbezugswerte von 47–65 bei Naturpapieren und 47–75 für pigmentierte & gestrichene Papiere.....	94
Tabelle 4: a*-Werte für Grüntöne (negativ) und Rottöne (positiv) der verschiedenen Farb-Papier-Kombinationen nach deren Deinking sowie der erreichte Deinkability Score.....	96
Tabelle 5: Flächenanteile, die von Schmutzpunkten >50 µm auf den deinkten Nutschenblättern eingenommen werden, sowie der erreichte Deinkability Score.....	98
Tabelle 6: Flächenanteile, die von großen Schmutzpunkten >250 µm auf den deinkten Nutschenblättern eingenommen werden, sowie der erreichte Deinkability Score.....	100
Tabelle 7: Ink Elimination bei der Flotation der diversen Farb-Papier-Kombinationen sowie der erreichte Deinkability Score bei einem Bereich der Ink Elimination von 40–70% bei Naturpapieren und 40–75% für pigmentierte & gestrichene Papiere.....	102
Tabelle 8: Filtratverdunklungen beim Deinking der verschiedenen Farb-Papier-Kombinationen sowie der erreichte Deinkability Score.....	104
Tabelle 9: Gesamtpunktzahlen für die verschiedenen Farb-Papier-Kombinationen.....	106

1 Hintergründe zu den Begriffen

In diesem Teil der Arbeit sollen die drei Hauptbegriffe erklärt werden, die im Titel zu finden sind: Nachhaltigkeit; die gedruckte Publikation, wie sie einen Kreislauf durchläuft; sowie der Print-on-Demand-Prozess, der dazu geeignet sein kann, diesen Kreislauf nachhaltiger zu machen, wenn man ihn richtig anwendet. Diese Begriffe und die zugehörigen Konzepte sind, so wie sie hier erklärt werden, während der Lektüre der restlichen Arbeit im Hinterkopf zu behalten.

1.1 Das Konzept der Nachhaltigkeit

»Alle wollen Nachhaltigkeit. Wenn es in unseren Tagen einen Begriff in Wirtschaft und Gesellschaft gibt, der sich nahezu universeller Beliebtheit und einhelliger Zustimmung erfreut, so ist dies der Begriff der Nachhaltigkeit.« [1, S.111] Dabei muss aber hinzugefügt werden, dass es kaum einen Begriff gibt, der zugleich »so häufig genutzt und so wenig verstanden« [2, S. 2] wird. Aus diesem Grund hat sich das Wort in letzter Zeit immer mehr zu einem »Plastikbegriff« entwickelt, den man inhaltlich unendlich formen kann, sodass alle Arten von Erwartungen darauf projiziert werden können. Gerade aus diesem Grund bleiben solche Worte mit einer positiven Konnotation aufgeladen, aber ohne dabei die ursprüngliche Bedeutung zu behalten – und dienen schließlich nur noch dazu, dem Sprecher ein positives Prestige zu verleihen. [vgl. 1, S. 117]

Somit soll es die erste Aufgabe dieser Arbeit sein, die ursprüngliche Bedeutung des Wortes Nachhaltigkeit darzulegen, die bereits mit diversen Lebensgrundsätzen und Handlungsempfehlungen verbunden war. Auf dieser Basis können die Schlussfolgerungen dieser Arbeit sinnvoll interpretiert werden.

Der Begriff »Nachhaltigkeit« selbst mag erst in den letzten Jahren populär geworden sein, reicht aber in seinen Wurzeln bis ins deutsche Mittelalter zurück: In der damaligen Rechtssprache gab es schon die feststehende Wendung »»tho trower handt naholden« (zu treuer Hand nachhalten) [...]. Sie bedeutete: »etwas für jemand anderen, für später, treuhänderisch aufbewahren und verwalten«. Bereits hier erscheint »nachhalten« als Praxis der Vorsorge für die Zukunft.« [3, S. 24]

Was die Vorsorge für die Zukunft angeht, war am Ende des Mittelalters und zu Beginn der Neuzeit der kritischste Faktor: Holz. So wurde 1458 in Venedig die Behörde »provveditori ai boschi« (Vorsorger für den Wald) geschaffen, da Venedig als größte Seemacht jener Zeit eine regelmäßige Versorgung mit großen Mengen Holz benötigte, um seine Schiffsflotte zu erhalten und Kanäle zu bauen. Dieses Holz kam aus den Wäldern im Hinterland Venedigs und wurde über ein von den neu entwickeltes Rotationsverfahren geerntet, d.h. erst wurden alle Bäume kartiert und danach in einer gewissen zeitlichen Abfolge gerodet, sodass der Wald insgesamt erhalten werden konnte, wie die provveditori erstmals 1548 feststellten [vgl. 4, S. 81–83].

Über ein Jahrhundert später, im Jahre 1662, hatte auch England den Weg zur Seemacht hinter sich und das gleiche Problem wie zuvor Venedig. Daher fragte die britische Marine bei der gerade erst gegründeten Forschungsgesellschaft »Royal Society« an, wie man einen Holzmangel vorbeugen könnte, da man sich gerade in einem verlustreichen Seekrieg mit Holland befand und die verlorenen Schiffe neu bauen musste. Ebenso forderten die Umwandlung von Wald in Ackerland zum Ernähren der wachsenden Bevölkerung und die beginnende Industrialisierung ihren Tribut vom Wald. Der Kopf der Royal Society, John Evelyn, schuf dann bis 1664 ein Buch mit dem einfachen Titel *Sylva* (lateinisch für »Wald«) [vgl. 4, S. 87–90]. Der Grundsatz des Bandes lautet »manage woods discreetly« [nach 4, S. 95], also ein behutsames Waldmanagement entsprechend den Eigenarten der vorhandenen Bäume, durch welche die Wälder zu einem »unerschöpflichen Magazin« [nach 4, S. 95] werden können. Aber noch zwei weitere Gedanken Evelyns sind von Interesse: »Mögen solche Wälder, die noch intakt sind, sorgfältig erhalten [...] und solche, die zerstört sind, mit Fleiß repariert werden.« [nach 4, S. 94] Diese Möglichkeit, einen zerstörten Wald zu reparieren, ist der erste. Der zweite Gedanke dreht sich um die väterliche Eisengießerei, wo gerade wegen des hohen Holzbedarfs der Schmelzöfen der Wald in deren Umgegend vergrößert wurde – denn das Werk hat Bäume gepflanzt und die Fürsorge für den Wald gesteigert [vgl. 4, S. 94]. So stammt dann auch folgender Aufruf von Evelyn: »Let us arise and plant« [nach 4, S. 95].

Dieses Buch scheint auch auf einen jungen Adligen gewirkt zu haben, der 1666 auf seiner Kavalierstour in London verweilte: Hans Carl von Carlowitz. Dessen Familie hatte bereits »seit mehreren Generationen das Management der Wälder im sächsischen Erzgebirge« [3, S. 15] inne, wo ebenfalls das Gespenst der Holznot umging. Es ist daher wahrscheinlich, dass schon die Kavalierstour von Carlowitz ihn darauf vorbereiten

sollte, Lösungen für die Ressourcenkrise zu finden [vgl. 3, S. 17]. Jedenfalls war er im Jahr darauf in Frankreich, wo er der dortigen Umsetzung der Forstreform beiwohnte (die wiederum davon angetrieben war, eine Seeflotte aufzubauen). Die Ergebnisse der Reform wurden in den Ordonnanzen von 1669 festgehalten, nach denen Samenbäume stehen gelassen werden müssen, wenn eine Fläche abgeholzt wird, leere Stellen wieder aufzuforsten sind und ein Viertel der Niederwaldfläche abgetrennt und zur Weiterentwicklung zum Hochwald zurückgehalten werden muss [vgl. 3, S. 18–19]. Auch Venedig hat Carlowitz am Ende seiner Tour besucht [vgl. 4, S. 114].

Als er 1669, 21 Jahre nach Ende des Dreißigjährigen Krieges, wieder in Sachsen ankam, fand Carlowitz

»ein armes und zerrüttetes Land vor: schlechte Straßen, auffällige Gehöfte, Reste niedergebrannter Siedlungen und im Wiederaufbau befindliche Kleinstädte. Zahlreiche Äcker waren verwildert [...]. Die verbliebenen Wälder [...] waren verlichtet und mit Blößen durchsetzt; weil man Holz schlagen musste, zum Bauen und Reparieren, ebenso zum Heizen, Wärmen und Kochen, denn die Winter waren kalt [...] und die Mägen waren leer. Dazu kamen Bergbau, Schmelz- und Glashütten, Hammer- und Pochwerke, die ohne Bau- und Kohlholz nicht existieren konnten. Ihr Wiederaufbau und ihre Erweiterung waren Voraussetzungen des Aufschwungs, von dem der Wohlstand des Landes abhing.« [5, S. 65]

Bereits 1672 wurde Carlowitz Kammerjunker eines Amthauptmannes im Erzgebirge und hat sich dort mit Forststreitigkeiten und der Überwindung der Kriegsfolgen in Land- und Forstwirtschaft beschäftigt [vgl. 5, S. 65–66].

Dabei war er wohl so erfolgreich, dass der sächsische Kurfürst ihm zum Februar 1679 die Stelle des Vice-Berghauptmannes in Freiberg übertrug. Dort konnte er sich weiter an der Holzerzeugung und -beschaffung sowie deren wirtschaftlichen Gesichtspunkten forschen, während sich sein Vorgesetzter, der Montanwissenschaftler Abraham von Schönberg, um den operativen Betrieb des Bergbau- und Hüttenwesens kümmerte. In über 30 Jahren erstellte Carlowitz nun die *Sylvicultura oeconomica* (offiziell herausgegeben am 12. Februar 1712 in Freiberg, zwei Jahre vor seinem Tod) [vgl. 5, S. 66–67]. In diesem Buch fasste er »das Wissen seiner Zeit sowie die eigenen Erfahrungen über die Forstwirtschaft erstmals in einem geschlossenen Werk zusammen.« [2, S. 2]

Die Bedeutung des Werkes reicht aber über die Forstwirtschaft hinaus, denn Carlowitz beschreibt schon im Vorbericht, dass das Holz deswegen so bedeutsam war, da es die Lebensgrundlage der menschlichen Gesellschaft im Allgemeinen und der sächsischen Wirtschaft (dem Bergbau) im speziellen darstellte:

»Allermaßen des Holtzes bey keiner Wirthschafft / ja auch in dem allergeringsten Bauer-Hüttlein / auf keinerley weise / und so wenig / als fast das tägliche Brodt / entrathen werden / ja auch niemand dieses / ohne das Holtz / erbauen / mahlen / noch backen / [...] daß man ohne dasselbe / nebenst dem lieben Brodt / weder zu Saltze noch Schmaltze zugelingen / noch zu kochen / zu brauen / ja nicht in Trocknen zu wohnen / noch weniger den Leib den harten Winter durch / vor Frost und Kälte gesund und bey Kräfften lebendig zu erhalten / vermag / zugeschweigen das ohne dessen Bey-Hülffe auch bey dem Edlen Bergbau zu denen untersten Schätzen der Erden in keinerley Wege zukommen / und also weder Silber noch Gold / oder andere Metalle und Mineralien / [...] / fündig zu machen / zu schmelzen / zu münzen / noch sonst zu Nutze zu bringen /« [6, Vorbericht¹]

Hier wird auch die Dringlichkeit erkenntlich, mit der die Holzversorgung sichergestellt werden musste, denn der Verbrauch dieser lebenswichtigen Ressource war in Europa größer, als die Wälder langfristig zuließen:

»Diejenigen / so nur wenige *notice* von Zustand und Beschaffenheit der Gehölzte haben / müssen bekennen [...] / das binnen wenig Jahren in Europa mehr Holtz abgetrieben worden / als in etzlichen *seculis* erwachsen / daher der Schluß leicht zu machen / was es für ein Ende gewinnen möchte.« [6, Buch I, Kap. 4, § 4].

Dabei kommt noch eine lange Regenerationszeit der Wälder ins Spiel:

»Denn [...] / bey dem Anflug und Wiederwachs nicht gebührende Sorge angewendet wird / so braucht es bey nahe eine Zeit von 100. Jahren / ehe das Holtz zum völligen Wachsthum gelangen sollte / da unterdessen die übrigen Gehölzte angegriffen und *consumiret* werden müsten / woraus denn eine gänzliche Verwüstung und *desolation* des Holtz-Wesens zu befahren stünde.« [6, Buch I, Kap. 7, § 13].

Aus diesem Grund stellt sich Carlowitz die Frage,

»wie eine sothane Conservation und Anbau des Holtzes anzustellen / daß eine continuierliche beständige und nachhaltige Nutzung gebe, weiln es eine unentberliche Sache ist / ohne welche das Land in seinem Esse nicht bleiben mag.« [6, Buch I, Kap. 7, § 20].

¹ Carlowitz« Originalaussagen werden hier, dem Hinweis von [6, S. 9] folgend, in der Form »Buch, Kapitel, Paragraph« zitiert, da man hiermit von der jeweiligen Ausgabe seines Werkes unabhängig ist. Der Vorbericht steht extra.

Das Wort ›Esse‹, lateinisch für Dasein [vgl. 2, S. 2], deutet schon an, dass ohne die nachhaltige Nutzung die Gesellschaft einen Kollaps erleiden wird. Wahrscheinlich aus diesem Grund hat Carlowitz den eigentlich juristischen Begriff gewählt, da mit diesem die ›Bewahrung für später‹ ausgedrückt werden konnte, welche dem Terminus ursprünglich innewohnte². Und die Kombination mit dem Begriff ›Nutzung‹ zeigt an, dass die Nachhaltigkeit kein Zustand ist, sondern von den Handlungen der Nutzer abhängt. So würde Carlowitz' Frage in heutigem Deutsch lauten, wie man den Wald behandeln soll, damit er auch unseren Nachkommen erhalten bleibt und ihnen Nutzen stiftet. Diese Frage kann man auch gut auf andere Ressourcen als Holz beziehen und nähert sich so dem eigentlichen Sinn der Nachhaltigkeit.

Aber man sollte zuerst darauf schauen, was Carlowitz als Grund für das Schwinden der Wälder sieht und welche Lösungsvorschläge er anbietet. Die Hauptursachen sind für ihn:

- »Schon vor langer Zeit / die Wälder / und bevorab sieder denen schweren Kriegs-Zeiten her / verwüstet / und die mit vielen Holtz überzogene Felder und Wiesen / wo es nur möglich /ausgereutet / ausgebrennet / und der Boden zum Feld-Bau und andern Nutzungen hinwieder gebracht / auch von dem Holtze viel 1000. Schlösser / Paläste / Häuser / Scheunen / Ställe / Brücken / und dergleichen bey mancher grossen und kleinen Stadt / bey Flecken / Dörffern / Höfen, u. s. f. erbauet worden / woraus die *Consumtion* des Brenn und Nutz-Holtzes / bey einer solchen grossen Menge der Einwohner / auch leicht zuschliessen / das so gar und gleichsam unvermerckt / nach und nach / an Holtz sich Mangel herfür thun wollen.« [6, Buch I, Kap. 4, § 4]
- »Die grossen Stuben und Zimmer / so wohl bey Reichen als armen / fressen auch viel Brenn-Holtz weg / sonderlich / wenn solche bey den Armen Bauers-Leuten / nicht wohl verwahret / das keine Wärme drinnen bleibet.« [6, Buch I, Kap. 4, § 11]
- »Das viele an manchen Orten auf dem Heerde unnöthiger weise brennende Küchen-Holtz / da oftmahls dasselbe mehr kostet als die dabey bereitete Speise werth ist.« [6, Buch I, Kap. 4, § 12]
- »Die verschwenderische Holtz-Axt in Abtreiben gantzer Hölzter und Hindansetzung krummer Bäume.« [6, Buch I, Kap. 4, § 14]
- »Daß man bey so grossen Abgang desselben [...] / nicht bey Zeiten Sorge getragen / wie diejenigen Hölzter / so annoch vorhanden / durch das Pflantzen und Säen erhalten / also der Abgang ersetzt / und der Schade so viel möglich *repariret* werden möchte.« [6, Buch I, Kap. 4, § 15]
- »Der gemeine Mann hauet das Holtz ohne Unterscheid darnieder / treibet es unnützlich ab / und dencket / weil es ihm aufzubringen keine Unkosten noch Mühe gekostet / also habe er auch nicht nöthig / viel Arbeit und Sorge vor dessen Erhaltung anzuwenden / gehet verschwenderisch damit um / meynet es könne nicht alle werden / bis ers endlich mit seinen grossen Schaden erfahret [...]; Und weil er ferner spühret / das er den Wiederwachs gar- oder doch so bald nicht geniessen kan / so schonet er auch solchen nicht / machet es zur Hutweiden / Feld / und dergleichen / daraus denn ein solcher schädlicher Mangel des Holtzes unumgänglich zuletzt entstehen / und dahero die Nahrung geschwächt werden mus.« [6, Buch I, Kap. 7, § 4]
- »Es ist nicht ohne / das man aus starcken Holtz Vertrieb in 1., 2. Jahren und drüber ziemlich Geld heben kan; Allein wenn die Holtz und Waldung ruinirt / so bleiben auch die Einkünffte auff unendliche Jahre hinaus zurücke / und das Cammer-Wesen wird dadurch gänzlich erschöpffet / das also unter gleichen scheinbaren Profit ein unersetzlicher Schade liegt.« [6, Buch I, Kap. 6, § 13]
- »So viel nun derer jenigen Meynung betrifft / die darvor halten [...] es wär ja besser man rottete das Gehölzte nur gar aus / und säete darvor Getreyde / an Korn Gerste und Hafer / so hätte man den Nutzen jährlich / da hingegen bey dem Holtz viel Jahr zu erwarten stünden / ehe selbiges recht zu gebrauchen: diesen dienet zur Antwort: daß hiesige Lander nicht so beschaffen / das man an die jenigen Orte / wo Holtz stehet / Getreyde oder andere Feld-Früchte füglich säen könne.« [6, Buch I, Kap. 7, § 14]
- »Man möchte zwar nicht umbillig auf die Gedancken gerathen / daß wo viel Bergwercke / Eysen-Hämmer / Saltz / Alaun / *Vitriol*, Sied -und Schwefelwercke sind / solche auch große Holtzfresser genennet werden können / alleine wenn mans etwas genauer überlegen will / so solte man vielmehr sagen / das dergleichen Wercke / ein Aufnehmen derer Gehölzte seyn solten / das ist: wenn man gnugsame Sorge truge / das solche nutzbare / *importante* / und höchstnöthige Wercke *continuirlich* mit Holtz versehen werden mochten / allermassen die Holtz *refieren* darzu vorhanden / und nur der Mangel daran ist / das so bald das Holtz abgetrieben / sobald solte man auch wieder auf den würcklichen Anflug und Wiederwachs bedacht seyn / dergestalt würde es nimmermehr an Holtze mangeln.« [6, Buch I, Kap. 7, § 9]

² Als Beamter schien Carlowitz der Rechtsterminus aber wohl zu geläufig und praxisfern, sodass er in seinen weiteren Ausführungen andere Worte verwendet, wie ›continuirlich‹, ›perpetuierlich‹ und ›pflöglich‹ – jedenfalls taucht das Wort ›nachhaltend‹ einzig und allein in dieser Stelle auf [vgl. 6, S. 26].

Oder um es in moderneren Begriffen zusammenzufassen, entstand der Holzmangel durch Kriegszerstörungen und dem nachfolgenden Wiederaufbau, durchs Bevölkerungswachstum und damit verbunden dem höheren Verbrauch an Brenn- und Nutzholz (welcher durch ungenügend abgedichtete Wohnungen und ineffiziente Öfen noch verschlimmert wurde), sowie dem verschwenderische Umgang mit dem Wald selbst, wobei auch das Wiederaufforsten ignoriert wurde. Auch das, was man heute als »kurzfristiges Profitstreben« bezeichnen würde, ist als Ursache erwähnt – ebenso wie die Tatsache, dass dieses Denken langfristig großen Schaden verursacht. Der enorme Holzverbrauch der (Montan-)Industrie ist für Carlowitz hingegen kein Problem – sofern diese dafür sorgt, dass das von ihr verbrauchte Holz wieder nachwächst, indem sie es selbst anpflanzt.

Was eine Lösung des Problems angeht, ist »fast immer zu lesen, er habe das grundsätzliche Postulat aufgestellt, dass nicht mehr Holz aus dem Wald entnommen werden dürfe als nachwachse. [...] Dieser Gedanke ist unvollständig, denn Carlowitz [...] fordert wesentlich mehr.« [7, S. 129]

Der erste ist der pflegliche Umgang mit dem Wald:

- »Das man mit dem Holtz pfleglich um gehe / und alle unnütze Verschwendung und Verderbung desselben / so viel möglich verhüte. Das Wort pfleglich / ist ein uhralter Holtz-Terminus in hiesigen Landen / gebräuchlich / und wird nicht allein dadurch verstanden / das man mit dem schlagbaren Holtz wohl / nützlich / und sparsam / als ein Pfleg-Vater umgehe / sondern auch das man den Wiederwachs gebräuchlich / gewöhnlich und Holtz-gerecht-mäßig befördern solle.« [6, Buch I, Kap. 6, § 13]

Hierbei hat der Mensch der Natur zur Not auch unter die Arme zu greifen, oder wie es Carlowitz ausdrückt:

- »Das Holtz-Wesen ist in dem Stande / daß der menschliche Fleiß zu dessen Hervorbringung mehr beschäftigt seyn mus / als die Natur. Oder: Die Natur bringet ohne menschliche Beyhülffe solches entweder gar nicht / oder doch sehr sparsam hervor.« [6, Buch I, Kap. 8, § 2]

Diese Forderung bedeutet verallgemeinert, dass die derzeit lebenden Menschen »mit einem Investment in Vorleistung gehen, das die Natur durch Wachstum verzinst, dessen Kapitalrückfluss die investierende Generation aber nie erleben wird, sondern erst deren Enkel und Urenkel. Ein zweites Thema ist ihm ebenso wichtig: Es ist das, was wir heute als Suffizienz und Effizienz bezeichnen« [7, S. 130]. Carlowitz gibt in seinen Worten folgende Beispiele:

- »Man machet das Feuer zum Kochen / Sieden und Braten / auf eine eiserne Platte worauf die Töpfe stehen.« [6, Buch I, Kap. 4, § 12]
- »Vorstellung einer neuen *Invention* und *Form* sehr vortheilhafter Kachel-Oefen / welche mit wenigen Holtze mehr Wärme geben« [6, Buch I, Kap. 4, § 11]
- »Auch soll man / wo kein Mangel an Steinen ist / das Mauren beym Gebauden einführen und anstellen / und das Bau-Holtz / so viel möglich / dadurch ersparen / auch ins gemein nicht so viel und unnöthige Gebäude führen / die allzuviel Holtz fressen können« [6, Buch I, Kap. 6, § 12]

Wie gezeigt werden konnte, hatte Carlowitz schon damals das Zusammenspiel von Natur, Wirtschaft und den Menschen im Auge – eine Kombination, die erst Jahrhunderte später mit dem »Dreieck der Nachhaltigkeit« wieder aufkommen sollte [vgl. 3, S. 25]. Dennoch wurde der Begriff nach Carlowitz vor allem rein forstwirtschaftlich gesehen, denn die erste »nachhaltige Forsteinrichtung« 1760 in Sachsen-Weimar war erfolgreich – und Begründung der Forstwissenschaft durch Heinrich Cotta 1817 in einer speziellen Akademie in Tharandt sollte danach lehren, »die Waldungen so zu behandeln, dass sie als solche den größten Nutzen nachhaltig gewähren«. [3, S. 29]. Mit den deutschen Forstleuten Dietrich Brandis und Wilhelm Schlich, die ab 1864 im Dienst der britischen Kolonialverwaltung die Wälder Indiens nach dem deutschen Modell organisieren sollten, wurde dieses Konzept mit »to give a sustained yield of produce in the future« übersetzt und mit *Schlich's Manual of Forestry* in die englischsprachige Welt exportiert. [vgl. 3, S. 29]

Es dauerte noch bis 1951, bis der Begriff bei den Vereinten Nationen angekommen war. In diesem Jahr debattierte die Welternährungsorganisation der UN die Grundsätze der Forstpolitik. Hierbei stand ein gewisser Egon Glesinger mit an der Spitze, der zuvor ein Buch namens *The Coming Age of Wood* geschrieben hatte, in dem postuliert wurde, dass nach dem Ende des Ölzeitalters wieder das Holz die Zukunft der Menschheit bestimmen würde – da es bei weiser Nutzung einen nachhaltigen Ertrag abwirft und so eine unendlich erneuerbare Quelle von Erzeugnissen werden würde [vgl. 4, S. 218].

1968 erklärte der amerikanische Forstwissenschaftler William A. Duerr das Konzept des »sustained yield« mit den Worten, dass »jede Generation ihre Ressourcen auf einem hohen Niveau erhalten und sie unvermindert weitergeben« soll [nach 4, S. 219].

Dieses Konzept wurde von 1969 bis 1979 von der IUCN (der Internationalen Union zur Bewahrung der Natur und der natürlichen Ressourcen) erweitert, indem zwischen erneuerbaren Ressourcen (an deren Ursprung Lebewesen stehen) und nicht erneuerbaren Ressourcen (Mineralien und Fossilien) unterschieden wurde – wobei sich erstere aber nur dann erneuern, wenn man sie nicht so stark schädigt, dass sie ihre Regenerationsfähigkeit verlieren. Und selbst dann muss man warten, bis sie »nachgewachsen« sind. [vgl. 4, S. 256]. Damit eine Entwicklung dabei nachhaltig ist, »muss sie soziale, ökologische und ökonomische Faktoren mit einbeziehen. Sie muss die lebendige und die nicht lebendige Ressourcenbasis einbeziehen. Sie muss sowohl die langfristigen als auch die kurzfristigen Vor- und Nachteile einbeziehen.« [4, S. 257]

1972 schrieb der Schweizer Unternehmer Ernst Basler den Artikel namens »Merkmale einer umweltgerechten Raumschiffökonomie«. Letztgenannter Begriff wurde darin so erklärt, dass der Planet Erde (wie ein Raumschiff) ein in sich abgeschlossenes System mit begrenzten Ressourcen darstellt, weswegen es für jede Ressource (auch die Biosphäre) eine Obergrenze gibt. Nachhaltigkeit ist im globalen Maßstab folglich nur ohne quantitatives Wachstum zu erreichen. [vgl. 4, S. 229]

1983 wurde schließlich die norwegische Politikerin Gro Harlem Brundtland zum Kopf einer zu jener Zeit noch zu bildenden »World Commission on Environment and Development« gewählt, die erstens Lösungen finden sollte, den Gegensatz zwischen reichen Ländern im Norden und armen Ländern im Süden zu reduzieren – und dabei auch die Erddpolitik konsensfähig machen sollte. Als 1987 der finale Bericht der Kommission erschien, enthielt er einen Schlüsselsatz [vgl. 4, S. 263-265]: »Nachhaltige Entwicklung ist Entwicklung, welche die Bedürfnisse der gegenwärtigen Generation deckt, ohne die Fähigkeit zukünftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu decken.« [nach 4, S. 265] Hier wird auch erstmals direkt die Abkehr vom Konsum materieller Güter vorgeschlagen und stattdessen die Steigerung der Lebensqualität angestrebt, da dieser als immateriellem Bedürfnis keine Obergrenze gesetzt ist [vgl. 4, S. 266-267].

Die Nachhaltigkeitsdefinition der Rio-Deklaration von 1992 hat die drei Fachgebiete von Ökonomie, Ökologie und Soziologie wieder aufgegriffen und meist über die Metapher von drei Säulen oder Ecken eines gleichseitigen Dreiecks veranschaulicht [vgl. 8, S. 87]. Diese Metaphern verdeutlichen aber nicht, dass alle drei Faktoren aufeinander abgestimmt entwickelt werden müssen – sinnvoller ist es daher, sie in einem Regelkreis darzustellen, in welchem die drei Systeme wechselseitig aufeinander einwirken (siehe Bild 1):

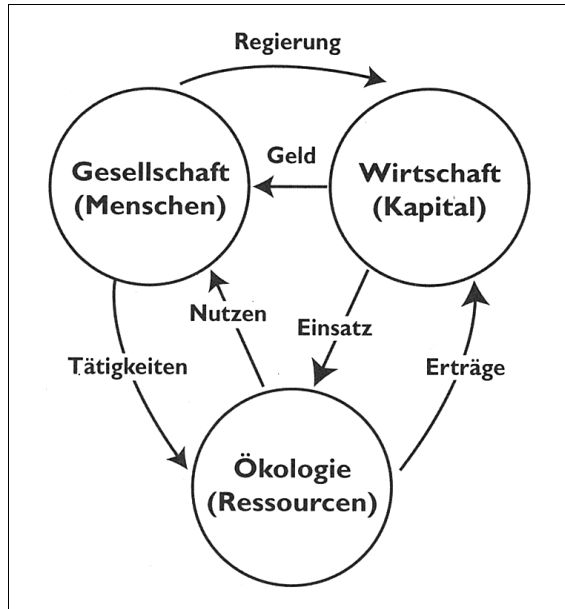


Bild 1: Das zu einem Regelkreis umgebaute Nachhaltigkeitsdreieck [vgl. 8, S. 88]

Wie in diesem zu sehen ist, bestehen wechselseitige Beziehungen zwischen den drei Ecken des Nachhaltigkeitsdreiecks: Die Ökologie wird hier, wie schon von Carlowitz angedeutet, im Sinn von Ressourcen gesehen, die für spätere Generationen erhalten werden müssen – denn die Ressourcen stellen die Existenzgrundlage für sowohl die Menschen an sich als auch für die von ihnen geschaffene Wirtschaft. Aus diesem Grund steht das Dreieck auch auf der Spitze der Ökologie, die die beiden anderen Ecken auszubalancieren hat [vgl. 8, S. 88].

Die Menschen erhalten Nutzen von den Ressourcen, sei es Nahrung oder Energie – aber dafür müssen sie die Ressourcen mit bestimmten Tätigkeiten pflegen, damit sie nicht zerstört werden. Auch die Wirtschaft erhält geldwerte Erträge aus den Ressourcen, muss im Gegenzug aber auch Kapital zu deren Schutz einsetzen.

Die Menschen erhalten schließlich ihren Lohn von ihrer Arbeit, aber die von ihnen gewählte Regierung muss dafür sorgen, dass das Dreieck nicht zur Seite kippt.

Hier haben wir nun das vollständige Konzept: Nachhaltigkeit heißt zuerst, sicherzustellen, dass spätere Generationen noch genügend Ressourcen besitzen, um eine gute Lebensqualität zu haben – was aber explizit nicht materiellen Besitz oder Konsum bedeutet. Hierbei ist ein Regelkreis zu beachten, der die Systeme von Soziologie / Gesellschaft, Ökonomie / Wirtschaft und Ökologie / Ressourcen beinhaltet, die wechselseitig aufeinander einwirken und entsprechend abgestimmt werden müssen, ohne dass ein System den Vorzug über den anderen erhält. Dieser Regelkreis hat zusätzlich eine zeitliche Achse, die dadurch bestimmt ist, dass erneuerbare Ressourcen Zeit brauchen, bis sie sich wieder regeneriert haben – ein Vorgang, den der Mensch und die Wirtschaft aber auch zu einem gewissen Maße unterstützen können.

1.2 Die gedruckte Publikation im Papier-Kreislauf

Jede gedruckte Publikation, sei es ein Buch, ein Magazin, eine Zeitung oder etwas anderes bewegt sich im Kreislauf des Altpapiers, wie Bild 2 darstellt, das vom European Recovered Paper Council (ERPC) stammt:

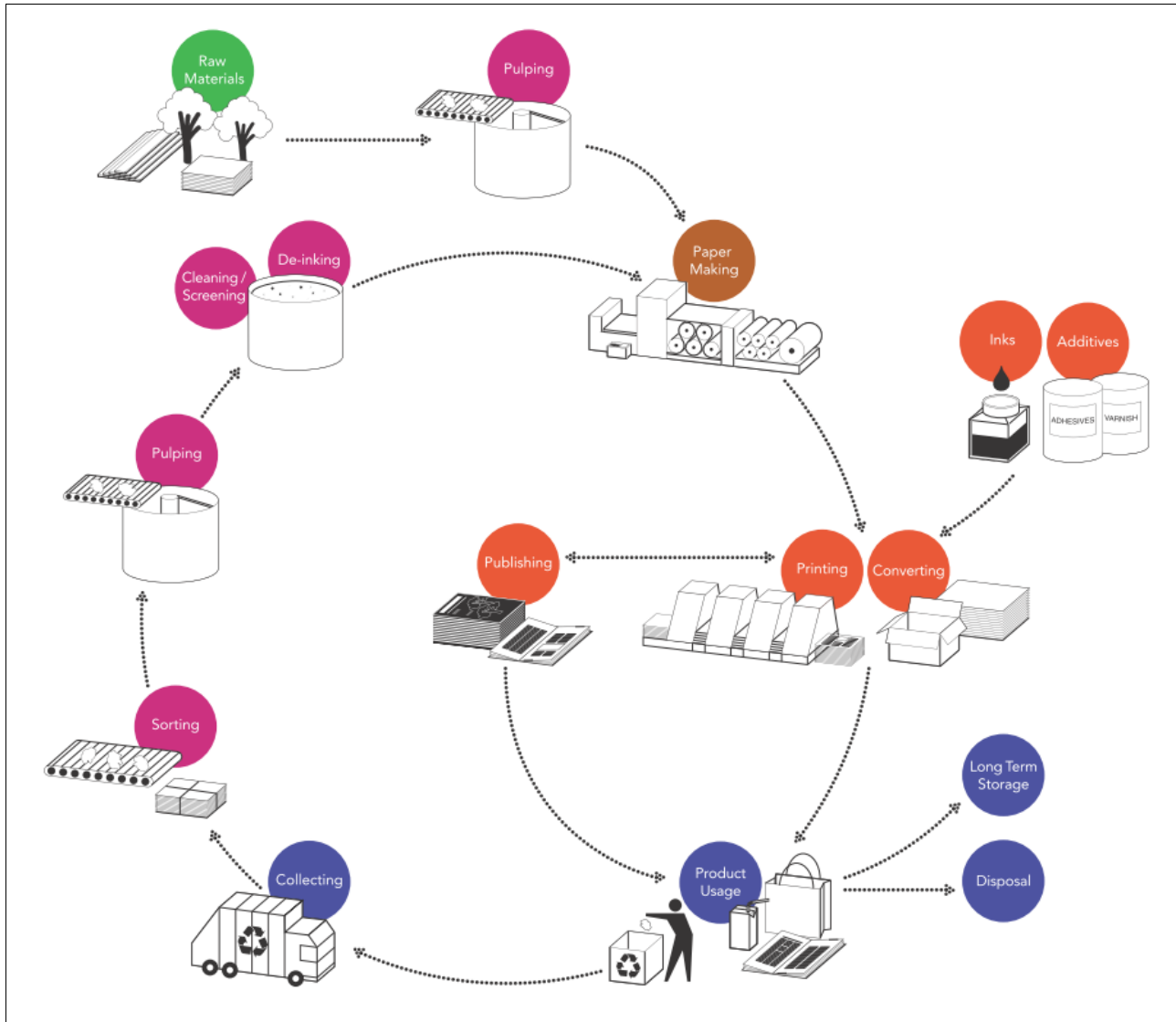


Bild 2: Der Papierkreislauf und seine Teilnehmer [9]

Der eigentliche Altpapier-Kreislauf beginnt beim Sammeln von nicht mehr benötigtem Papier, welches daraufhin in verschiedene Klassen sortiert wird, um schließlich nach dem Pulpen (dem Wiederauflösen der Fasern) und Reinigen dieser durch Sieben und Deinken zu neuem Papier zu werden – aus dem wiederum neue Druckprodukte für den Endnutzer hergestellt werden. Doch wie Bild 2 deutlich zeigt, gibt es diverse Faktoren, die von außen in den Kreis eingreifen:

Zuallererst den im Bild als ›raw materials‹ bezeichneten Faserstoff (Zellulose), der vorrangig aus Holz hergestellt wird, aber auch aus anderen Pflanzenfasern wie Stroh, Schilf, Zuckerrohr Flachs, Jute oder Baumwolle sowie aus Lumpen gewonnen werden kann [vgl. 10, S. 14–47]. Frischfasern aus derartigen Rohmaterialien sind nötig, damit der Kreislauf überhaupt beginnen kann. Doch auch falls Papier vorrangig aus Altpapier hergestellt werden sollte, sind zu dessen Erhaltung eine regelmäßige Zufuhr an Frischfasern nötig – immerhin kann eine Papierfaser den Kreislauf im Schnitt nur 3,5 Mal durchlaufen³ [vgl. 11, S. 2]. Dennoch senkt dies den Bedarf an Frischfasern – und lässt so den natürlichen Ressourcen mehr Zeit zur Regeneration, als wenn alle Drucksachen ausschließlich auf Frischfaser-Papier hergestellt werden würden.

Weiterhin steht der Verlag im Zentrum des Kreises – nicht umsonst, da dieser die später hergestellten Drucksachen überhaupt erst kreiert. Dies ist im Pfeil vom Verlag zur Druckerei dargestellt, wobei der Verlag

3 Zumindest gilt dies für die europäischen Papierfabriken; im globalen Durchschnitt ist durch eine geringere Effektivität der Papierfabriken eine Faser schon nach 2,4 Durchläufen verbraucht. [vgl. 11, S. 2].

von dieser auch Feedback darüber bekommt, was überhaupt wie hergestellt werden kann. Immerhin besitzt die Druckerei eine gewisse Ausrüstung, was den Druck selbst, aber auch die Weiterverarbeitung angeht. Für diese beiden Schritte sind Druckfarben und zusätzliche Stoffe nötig, mit denen das zuvor weiße, leere Papier mit jenen Inhalten und Designs versehen wird, die der Verlag zuvor vorgegeben hat. Diese Materialien beschafft sich eine Druckerei von anderen Unternehmen (weswegen diese im Bild außerhalb des Kreislaufs strehen), aber sie haben einen großen Einfluss auf die Stabilität des Kreislaufs, wie sich im Hauptteil dieser Arbeit noch zeigen wird.

Vom Verlag führt aber auch ein zweiter Pfeil direkt zum Leser, der anzeigt, dass der Verlag seine Inhalte nicht unbedingt über eine Druckerei auf einem gedruckten Medium herstellen lassen muss, sondern auch direkt an den Endnutzer geben kann, indem er ein elektronisches Medium (Webseiten, eBooks, ePapers, eZines o.dgl.) verwendet. Dies reduziert die zwar Gesamtmenge an nötigen Fasern im Kreislauf, würde diesen aber auch zusammenbrechen lassen, wenn alle Verlage nur noch elektronisch publizieren würden.

Der Endnutzer kann schließlich entscheiden, ob er seine gedruckten Produkte schlicht für später aufhebt (z.B. weil ihm ein Roman besonders gut gefällt oder er sich die Bilder in einem Fotobuch als Erinnerung aufheben will), nicht-nachhaltig wegwirft oder wieder dem Kreislauf zurückführt, indem er es einem Sammelsystem (z.B. der Papiertonne in Deutschland) zuführt.

Im Kreislauf gibt es also 6 große Systeme, die miteinander in Wechselwirkung stehen: Die Druckerei, den Endnutzer und die Papierfabrik (inklusive der Altpapier-Sammlung), die direkt Teil des Kreislaufs sind, sowie den Forstbetrieb, den Verlag, und die Farbhersteller, die zwar außerhalb des eigentlichen Kreislaufs stehen, aber bestimmen, welche Art von Materialien in den Kreislauf geraten. Die Wechselwirkungen zwischen diesen Systemen müssen im Hinterkopf behalten werden, selbst wenn jedes eine eigene Sichtweise auf den gezeigten Kreislauf hat:

Der Forstbetrieb kann dabei getrost auf die Lehren von Carlowitz zurückgreifen, die im vorherigen Kapitel geschildert sind. Sie sind heute noch so aktuell wie damals.

Die Papierfabrik muss sicherstellen können, dass sie genügend Ersatzfasern vom Forstbetrieb bekommt (z.B. durch Aufforsten, wie bereits Carlowitz gemeint hat) und dass sie das gesammelte Altpapier genügend gut reinigen kann. Leider stammen die Verunreinigungen (die Druckfarben) nicht von der Papierfabrik selbst, sondern gehen auf einen Farbhersteller zurück – die Fabrik muss mit dem zurecht kommen, was von diesen zuvor in den Kreislauf geleitet wurde. Entsprechend sollten beide Parteien ihre Materialien aufeinander abstimmen, damit der Kreislauf geschlossen bleiben kann.

Aber die eigentliche Entscheidung für den Erhalt des Kreislaufs wird vom Verlag getroffen, denn dieser gibt – in Abstimmung mit der Druckerei – sowohl das zu bedruckende Papier als auch die zu verwendenden Farben in Auftrag (wenn auch meist indirekt über das Druckverfahren). Die Druckerei kann dagegen auch von sich aus gewisse Papiere und Farben beschaffen, die den Erhalt des Kreislaufs unterstützen – und diese den anfragenden Verlagen zur Auswahl anbieten.

Der Leser schließlich hat zu entscheiden, ob es den Papierkreislauf in seiner derzeitigen Form weiterhin geben soll, indem er gedruckte Publikationen nutzt, oder ob er ganz auf elektronische Medien umsteigt. Die Verlage können sich dem anpassen und so weiter existieren – der Rest des Kreislaufs eher weniger, sofern er nicht nur noch Verpackungen enthalten soll.

1.3 Hintergründe zum Print-on-Demand-Prozess⁴

1.3.1 Vorteile von Print-on-Demand

Print(ing)-on-Demand oder der Druck bei Bedarf bedeutet, dass statt hoher Auflagen von einer Drucksache nur die Mengen produziert werden, für die wirklich bereits ein Auftrag vorliegt – und sei es nur ein Einzelexemplar [vgl. 13, S. 8]. Hierdurch fällt die Überproduktion von Druckprodukten weg, die mit dem bisher gängigen Offsetdruck-Verfahren gängig war, um eine hohe Auflage herzustellen – von welcher aber oft ein Großteil unverkauft blieb und dann ungenutzt wieder eingestampft werden musste [vgl. 14]. Dieser Abfall wäre zwar wahrscheinlich in den Papierkreislauf gelangt, aber eine flächendeckende Einführung des Print-on-Demand-Verfahrens würde dem Verlag nicht nur die Entsorgungskosten sparen, sondern auch die nötigen Ressourcen bestmöglich schonen – ganz nach dem Motto: »Die effektivste Ressourcenschonung ist immer noch die ›Nicht-Inanspruchnahme‹« [15, S. 39]. Schon allein deswegen müsste dieser Prozess nachhaltiger als die klassische Herstellung von Drucksachen sein.

Weiterhin wird es mit Print-on-Demand unnötig, übermäßig viele Bücher im Lager vorhalten zu müssen (oder, bei einem vollständigen Prozess ganz aufs Lager zu verzichten), was dem Verlag wiederum Kosten spart [vgl. 16, S. 44]. Gleichzeitig können ältere Titel aus der Backlist eines Verlages, deren Nachfrage zur Herstellung mit den klassischen Druckverfahren zu gering ist, lieferbar gehalten werden [vgl. 17, S. 15]. Und auch Titel, die sonst aus Desinteresse des Verlags nicht publiziert worden wären, können über Self-Publishing-Plattformen ihren Weg zu den Lesern finden [vgl. 17, S. 14].

Schließlich können Transportkosten gespart und der Treibstoffverbrauch verringert werden, indem die Publikation dezentral gedruckt wird. Das bedeutet, vom zentralen Server des Verlages wird der Druck und die Verarbeitung der Publikation auf jene Druckereien verteilt, die sich jeweils am nächsten an den entsprechenden Mediennutzern befinden – welche dann die entsprechende Publikation schneller erhalten können⁵ [vgl. 16, S. 44].

Da jede Drucksache in einem Print-on-Demand-Prozess jeweils einzeln hergestellt wird, kann der Nachdruck bereits in einer überarbeiteten Form erfolgen, sodass die Inhalte aktuell gehalten werden können [vgl. 13, S. 8]. Gerade bei Fachbüchern oder -magazinen in einem sich schnell entwickelnden Forschungsgebiet ist dies von Vorteil [vgl. 16, S. 44]. Ebenso können die Inhalte einer Publikation auf die Wünsche der Leser angepasst werden.⁶

Für eine Druckerei bieten all diese Gründe schließlich die Möglichkeit, trotz sinkender Auflagen weiterhin ihre Existenz zu sichern – denn je kleiner die Auflagen, desto rentabler wird ein Print-on-Demand-Prozess [vgl. 17, S. 16].

1.3.2 Grundlagen zu Computer-to-X und dem dynamischen Digitaldruck

Damit ein Print-on-Demand-Prozess eingerichtet werden kann, ist es zwingend nötig, dass die zu druckende Publikation als digitale Datei vorliegt und auch im Digitaldruck hergestellt wird [vgl. 13, S. 8]. Wobei der Begriff »Digitaldruck« selbst etwas zu grob gefasst ist, denn »unter dem Begriff vereinigen sich sehr unterschiedliche technologische Systeme mit ganz spezifischem Leistungs- und Qualitätspotential« [18, S. 23], weswegen sich auch nicht alle für ein Print-on-Demand-Verfahren eignen.

4 Die Basis für die Unterkapitel 1.3.2 und 1.3.3 hat der Autor dieser Thesis aus einer zuvor von ihm geschriebenen Hausarbeit übernommen, in welcher es um Digitaldruck-Workflows ging [12, S. 10–23] – immerhin sind die technologischen Grundlagen identisch. Einige Stellen aus dem genannten Bereich, besonders jene im Kapitel 1.3.3, wurden aber für diese Arbeit überarbeitet und ergänzt, um einen besseren Bezug zum Print-on-Demand-Prozess herzustellen. Im Text dieser Masterarbeit werden allerdings nur die jeweiligen Originalquellen angegeben, um Sekundärzitate zu vermeiden und eine bessere Lesbarkeit sicherzustellen.

5 Als Beispiel kann ein Leser mit einem Abo dienen, der sich gerade im Urlaub befindet. Anstatt die Publikation teuer nachzuschicken, kann sie einfach in der Nähe des Urlaubsortes hergestellt werden – was dem Leser den Vorteil verschafft, dass er nicht lange warten braucht, bis er sein Magazin oder seine Zeitung in Händen hält. [vgl. 16, S. 45].

6 So können z.B. Krimis hergestellt werden, in denen der Ermittler den Namen des Lesers trägt [vgl. 16, S. 54–55] oder ein Magazin, dessen Inhalte sich der Leser selbst über ein Web-to-Print-Interface zusammengestellt hat [vgl. 13, S. 9].

Daher ist es sinnvoll, in der Mehrzahl von ›digitalen Drucktechnologien‹ oder ›digitalen Druckverfahren‹ zu sprechen und diese genauer zu beschreiben. Folgende bereits 1994 gegebene Definition umfasst dabei alle technischen Anwendungsbereiche:

»Digitale Druckverfahren sind dadurch gekennzeichnet, dass Bild oder Text aus einem digitalen Datenspeicher punktweise auf den Bedruckstoff aufgebracht wird. Im erweiterten Sinn müssen auch Verfahren dazu gerechnet werden, bei welchen ein Zwischenträger digital beschriftet und auf den Bedruckstoff übertragen wird. Dabei ist zu unterscheiden, ob der Zwischenträger löschar oder nicht löschar ist. Systeme mit nicht löscharen Zwischenträgern [...] werden oft nicht als digitale Drucksysteme betrachtet, was aber terminologisch falsch ist, da sich die Begriffe löschar und digital nicht ausschließen.« [19, S. 1]

Hier haben wir als Ursprung den digitalen Datenspeicher, aus dem die Bebilderungsdaten stammen, die Möglichkeit, in den Prozess einen Zwischenträger (Film oder Druckplatte) einzubeziehen und bei diesem wiederum die Option der Löscharkeit.

Da der digitale Datenspeicher normalerweise ein Computer ist bzw. von diesem gefüllt wird, werden diese Verfahren oft auch als *Computer-to-X* bezeichnet [vgl. 18, S. 17], wobei das ›X‹ von den restlichen Parametern abhängt.

Ein kaum noch verwendetes Verfahren ist dabei *Computer-to-Film*, wo ein Film digital bebildert wird [vgl. 18, S. 21], was normalerweise per Laser geschieht [vgl. 20, S. 4–5]. Mit dem Film kann schließlich, nach dessen Entwicklung, eine Druckplatte auf analoge Weise belichtet werden.

Das Nachfolgeverfahren ist *Computer-to-Plate*, in dem die Druckform direkt digital bebildert wird, ohne dass ein Film verwendet werden muss [vgl. 18, S. 21].

Es ist ebenfalls möglich, dass eine Druckplatte erst innerhalb der Druckmaschine digital bebildert wird – in diesem Fall spricht man von *Computer-to-Press* [vgl. 18, S. 24] oder *Direct Imaging* [vgl. 21, S. 10]. Dieses kann mit dem *digitalen Umrüsten* verbunden werden, wo die Bebilderung nach dem Druck einer gewissen Auflage gelöscht und die Druckform danach neu bebildert werden kann [vgl. 18, S. 24]. Auf jeden Fall werden hier, nachdem die Druckplatte bebildert wurde, mehrere Exemplare mit identischem, also statischem Inhalt gedruckt – ist dies der Fall, passt hierzu der Begriff *Image One Print Many* [vgl. 18, S. 24].

Das Gegenteil hiervon ist *Image One Print One* [vgl. 18, S. 23], wo die Druckform nicht nur löschar ist, sondern nach jedem gedruckten Exemplar gelöscht wird und danach neu bebildert werden muss. Bei der Elektrofotografie ist dies der Fall, die ansonsten ebenfalls ein *Computer-to-Press*-Verfahren darstellt.

Schließlich ist es ebenso möglich, dass überhaupt keine feste materielle Druckform existiert, sondern die Erstellung des Druckbildes über die Steuerung eines Druckkopfes erfolgt, wie z.B. beim Inkjetdruck – hier müssen nach jedem gedruckten Exemplar die Druckdaten neu in den Druckkopf eingelesen werden. Da derartige Verfahren direkt aufs Papier drucken, ohne dass eine Druckform das Druckbild widerspiegeln muss, wird der Begriff *Computer-to-Paper* [vgl. 18, S. 23] hierfür verwendet. Da aber nicht unbedingt Papier als Substrat verwendet werden braucht, sondern die Tinte auf alles aufgebracht werden kann, das man unter dem Druckkopf legen kann, ist *Computer-to-Substrate* eine sinnvollere Bezeichnung für das Verfahren.

Bei *Image One Print One* muss für jeden Druck eine Neubebilderung durchgeführt werden; bei *Computer-to-Substrate* muss für jeden Druck die Ansteuerung für den Druckkopf neu erzeugt werden. Somit kann bei beiden Prozessen jedes neu zu druckende Exemplar im Vergleich zum vorherigen geändert werden, indem man entweder eine andere digitale Quelldatei nutzt oder diese inhaltlich entsprechend geändert wird – was weit weniger Aufwand verursacht als das Ändern einer materiellen Druckform [vgl. 22, S. 4]. Dies ermöglicht es, Auflagen in Höhe eines einzigen Exemplars zu drucken und dynamische Inhalte zu realisieren – was fälschlicherweise als Hauptmerkmal des ›Digitaldrucks‹ allgemein wahrgenommen wird. Entsprechend ist auch nur mit diesen beiden Prozessen ein Print-on-Demand-System realisierbar und nicht mit dem ›Digitaldruck‹ im allumfassenden Sinn.

Aus diesem Grund ist es sinnvoll, eine Unterteilung des Digitaldrucks in *statischen Digitaldruck* und *dynamischen Digitaldruck* vorzunehmen – wobei nur letzterer jene Verfahren enthält, bei denen von »Blatt zu Blatt der Inhalt geändert werden kann« [21, S. 10]. All dies soll nun in Bild 3 zusammengefasst dargestellt werden.

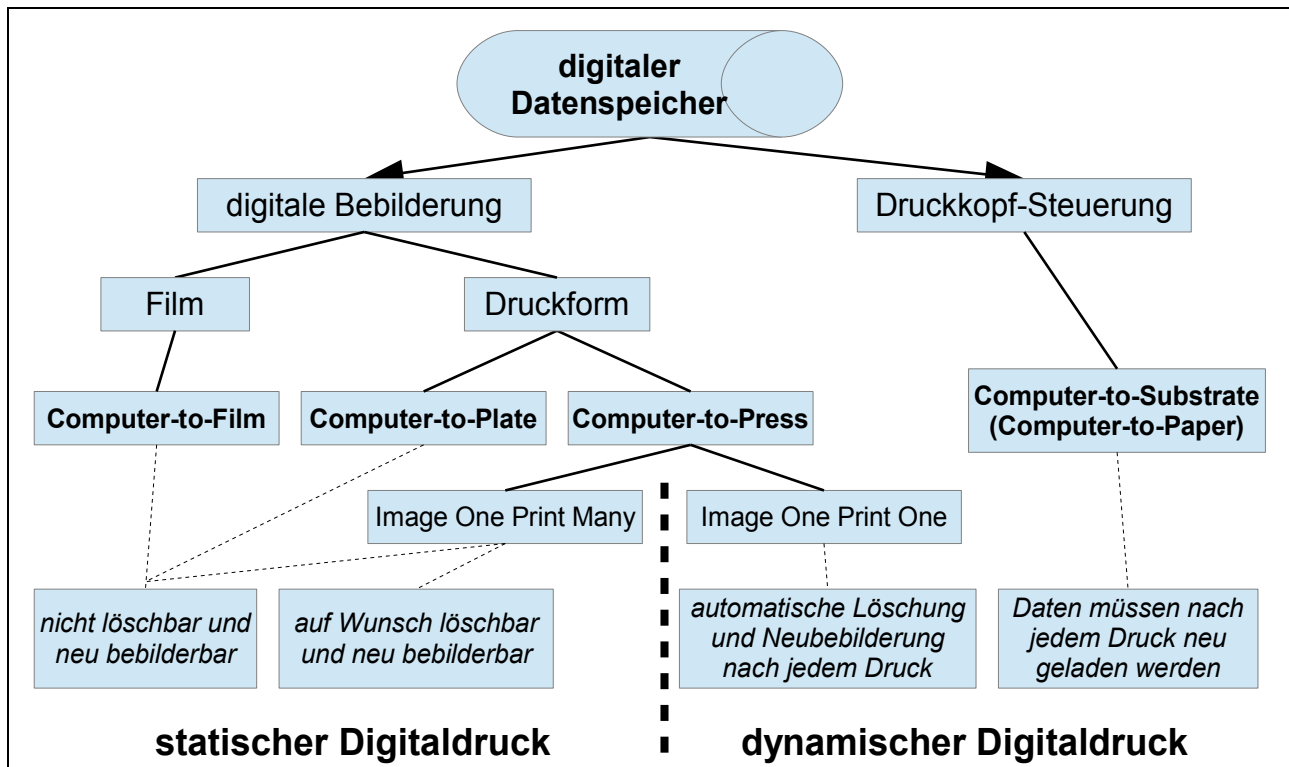


Bild 3: Einordnung von Computer-to-X-Verfahren in statischen und dynamischen Digitaldruck; eigene Zusammenstellung nach [19, S.1–2], [18, S. 21–24] und [21, S. 10]

In diesem Bild wird aber noch nicht auf die einzelnen Drucktechnologien eingegangen. Dies liegt darin begründet, dass die statischen Digitaldruck-Verfahren, da sie nur auf der Bebilderung eines Films oder einer Druckplatte beruhen, prinzipiell auch für jedes der klassischen Druckverfahren eingesetzt werden können. Der dynamische Digitaldruck besteht hingegen aus vielen unterschiedlichen Verfahren, die wiederum auf unterschiedliche Weise für einen Print-on-Demand-Prozess eingesetzt werden können. Daher soll auf die zugehörigen Technologien nun genauer eingegangen werden.

Die *Image-One-Print-One*-Verfahren können weiter danach aufgeteilt werden, wie die Unterscheidung von druckenden und nicht druckenden Stellen bei der Druckform vorgenommen wird. Geschieht dies durch elektrostatische Ladung, ist das Verfahren die *Elektrofotografie* [vgl. 22, S. 109], geschieht dies durch Magnetisierung, wird das Verfahren als *Magnetografie* bezeichnet [vgl. 23, S. 11]. Bei beiden Verfahren wird die Druckfarbe als *Toner* bezeichnet, der bei der Elektrofotografie auch in flüssiger Form vorkommt [vgl. 23, S. 11].

Bei den *Computer-to-Substrate*-Verfahren kann grundlegend danach unterschieden werden, ob der Druckkopf aufs Substrat auftreffen muss, um ein Bild zu erzeugen, oder nicht [vgl. 22, S. 4]. Muss er nicht aufs Substrat auftreffen, wird der Begriff *Nonimpact Printing* [22, S. 4] verwendet, um die entsprechenden Technologien zusammenzufassen. Die übrigen *Computer-to-Substrate*-Verfahren können im Gegenzug als *Digital Impact Printing* bezeichnet werden – das ›Digital‹ im Begriff dient zur Unterscheidung zu den klassischen als *Impact Printing* bezeichneten Verfahren, die eine permanente Druckform nutzen [vgl. 22, S. 56].

Zum Digital Impact Printing gehören *Stiftplotter*, die ihre Druckfarbe aus einem Stift beziehen, der der digitaler Ansteuerung übers Substrat geführt wird [vgl. 22, S. 56], und *Dot Matrix Printer* (Nadeldrucker), bei welchem die Farbe über ein Farbband aufgebracht wird [vgl. 22, S. 56].

Zum Nonimpact Printing gehören der *Inkjetdruck*, in dem Farbpunkte aus Tinte direkt aus Substrat getropft werden [22, S. 68], die *Thermographie*, bei welcher gesteuerte Heizelemente Farbe von einem Farbband übertragen oder direkt auf dem Substrat erzeugen [22, S. 134], die *digitale Bebilderung von Fotosubstraten*, bei der über Lichteinwirkung Farbe in speziell beschichteten Substraten erzeugt wird (wie bei der klassischen Fotografie) [22, S. 121], sowie die *Elektrografie*, die zwar wie die Elektrofotografie auf Basis der Elektrostatik funktioniert, aber direkt das Substrat bebildert und das Bild dann per Flüssigtoner entwickelt [22, S. 118].

Beim Inkjet-Druck ist nun noch der *Continuous Inkjet* vom *Drop-on-Demand Inkjet* zu unterscheiden. Beim Continuous Inkjet »werden kontinuierlich Tropfen erzeugt, die an nicht druckenden Stellen in einen Auffangbehälter umgeleitet werden und dem Tintensystem rückgeführt werden« [23, S. 11]. Bei Drop-on-Demand Inkjet hingegen werden nur dort Tropfen erzeugt, wo sich ein Farbpunkt auf dem Substrat befinden soll [s. 22, S. 77–84]. Beide können flüssige Tinten verwenden, aber beim Drop-on-Demand Inkjet existieren auch Drucker, die feste Tinten verdrucken können, indem sie diese vor dem Druck aufschmelzen [vgl. 22, S. 56 & 23, S. 11].

Auch bei der Thermographie existieren verschiedene Unterverfahren. So werden beim *Thermotransferdruck* (*Direct Thermal Transfer Printing*) [s. 22, S. 138] und beim *Thermodiffusionsdruck* (*Dye Diffusion Thermal Transfer Printing*) [s. 22, S. 142] Farbbänder verwendet, wobei die Farbe bei erstgenanntem Verfahren aus Pigmenten in Wachs besteht und bei letztgenanntem aus Farbstoffen [s. 22, S. 138 & 142]. Die restlichen thermografischen Verfahren übertragen keine Farbe an sich, sondern erzeugen Farbe direkt in der Oberfläche des Substrates. Entsprechend funktionieren der *Thermodirektdruck* (*Direct Thermal Printing*) [s. 22, S. 135] und *Thermal Autochrome* [22, S. 148-150] nur auf Papier, das mit einer hitzeempfindlichen Schicht (oder mehreren Schichten für unterschiedliche Farben) versehen wurde.

Auch bei der *digitalen Bibilderung von Fotosubstraten* wird keine Farbe übertragen – in diesem Verfahren wird ein klassisches Fotosubstrat auf digitale Weise (z.B. per Laser) bebildert und dann entwickelt [vgl. 22, S. 125–127]. Bei der *Picrography* von Fujifilm ist der Prozess ähnlich, aber es wird nicht das Zielsubstrat bebildert, sondern ein mit fotografischen Schichten versehener Zwischenträger, von dem dann das komplette Bild auf einmal mit Hitze aufs Endsubstrat übertragen wird. [vgl. 22, S. 125–127]

Um einen besseren Überblick über diese Vielzahl an Technologien zu erhalten, die auf verschiedenste Weise funktionieren und dennoch unter den dynamischen Digitaldruck fallen, sollen ihre Haupteigenschaften in Bild 4 zusammengestellt werden:

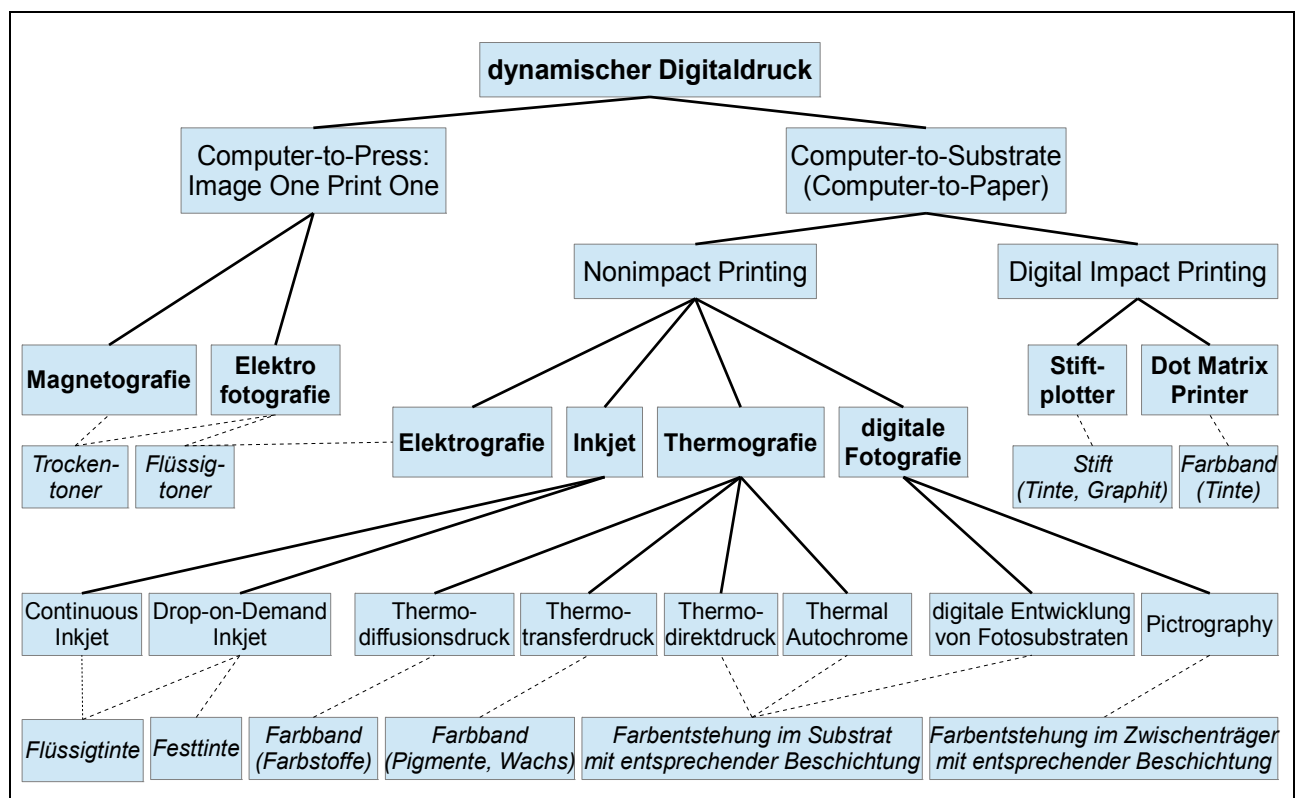


Bild 4: Übersicht über dynamische Digitaldruck-Verfahren und der in ihnen verwendeten Farbmaterien (kursiv); eigene Zusammenstellung nach [22, S. 56ff] und [23, S. 11]

1.3.3 Funktionsweise der einzelnen dynamischen Digitaldruckverfahren und ihre Eignung für einen Print-on-Demand-Prozess

a) Stiftplotter

Dieses Verfahren funktioniert simpel: Ein Stift wird in eine Halterung gespannt, die sich per digitaler Steuerung über das Substrat bewegt [vgl. 22, S. 64]. Dieses kann auf einer Rolle unter dem Stift hindurch bewegt werden oder auf einem Flachbettisch fixiert sein, über den sich dann der Stift bewegt [vgl. 22, S. 63–64]. Da diese Steuerung auf Vektoren basiert, können nur Linien gezeichnet werden, aber keine Pixel [vgl. 22, S. 57].

Einsatz fanden solche Drucker vor allem zum Erstellen von Graphen und technischen Zeichnungen [vgl. 22, S. 57–63] – für einen Print-on-Demand-Prozess ist die Variabilität und die erreichbare Geschwindigkeit dieses Verfahren aber einfach zu gering. Allerdings sind Schneidplotter auf dem Markt verbreitet, bei denen der Stift durch ein Messer ersetzt wurde – was bei der Weiterverarbeitung eines Print-on-Demand-Produktes durchaus von Vorteil sein kann.

Schließlich ist wichtig zu bemerken, dass auch heute noch »Plotter« auf dem Markt angeboten werden, mit denen Druckerzeugnisse hergestellt werden – allerdings nutzen diese großformatigen Maschinen statt eines Stiftes einen Inkjet zum Erstellen der Drucke. Entsprechend sollten sie auch als Drucker bezeichnet werden, da sie nicht mehr vektorbasiert arbeiten [vgl. 22, S. 64].

b) Nadeldrucker

Hier besteht der Druckkopf aus einer oder mehreren Reihen von Drähten. Sobald ein zu druckender Punkt erstellt werden soll, schlägt der dazu benötigte Draht auf ein Farbband, das zwischen dem Druckkopf und dem Substrat vorbei läuft, und drückt so einen Farbpunkt auf das Substrat [22, S. 59]. Bild 5 zeigt diese Art der Farbübertragung im Schema.

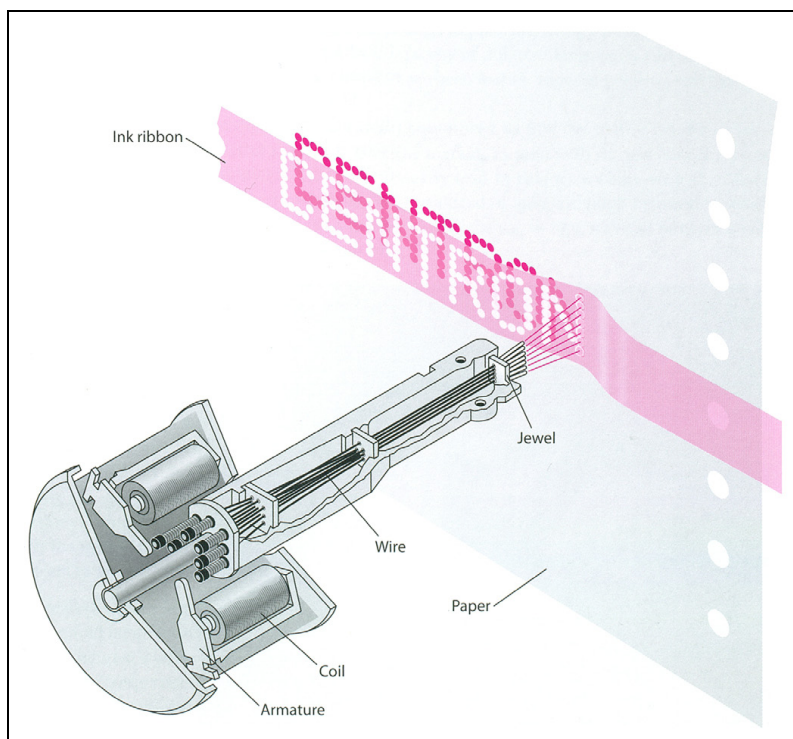


Bild 5: Schema eines Nadeldruckers [22, S. 60]

Da die Größe der Druckpunkte und die Auflösung dieser Drucker durch den Durchmesser der Drähte stark limitiert sind, wird dieses Verfahren immer mehr durch Inkjet und Elektrofotografie ersetzt. Allerdings bleiben Dot Matrix Printer die einzigen Digitaldruck-Maschinen, mit denen Durchschläge erstellt werden können [vgl. 22, S. 59] – was für ein Print-on-Demand-Verfahren allerdings kaum relevant ist.

c) Elektrofotografie (inkl. Ionografie)

Bei diesem weit verbreiteten Verfahren befindet sich in der Druckmaschine eine Trommel oder ein Gürtel, die mit einem Fotorezeptor beschichtet sind. Diese Druckform wird per Korona über die komplette Druckbreite aufgeladen und danach mit Licht an jenen Stellen entladen, an denen sich keine Farben befinden sollen [vgl. 22, S. 109]. Zur Entladung werden Laser (wie in Bild 13, aber ohne den dort gezeigten Modulator) oder LED-Arrays (Bild 6) verwendet, deren Auflösung einen großen Einfluss auf die erzielbare Bildqualität ausübt.

In einer Abwandlung des Verfahrens, genannt *Ionografie*, ist die Trommel statt mit einem Fotorezeptor mit einem Dielektrikum beschichtet und die zur Bebilderung nötigen Ladungs-differenzen werden mit einem Elektronenstrahl auf der Trommel erzeugt [vgl. 24, S. 701]. Die restlichen Schritte (das Prinzip der Tonerübertragung eingeschlossen) sind mit der Elektrofotografie identisch.

Nach Bebilderung der Trommel wird diese in Kontakt zu Tonerpartikeln gebracht, die aus in Thermoplasten eingeschmolzenen Farbmitteln und Ladungsträgern bestehen [vgl. 22, S. 114]. Letztere sorgen dafür, dass die Tonerpartikel selbst elektrostatisch aufgeladen sind – entsprechend bleiben sie nur dort auf der Trommel haften, wo sich die gegensätzliche Ladung befindet. Das nun entwickelte Bild wird nun mit Hilfe einer zweiten Korona aufs Papier übertragen, wo wird der Toner durch Aufschmelzen fixiert wird. Schließlich wird die Druckform gereinigt und entladen, sodass die Bebilderung von neuem beginnen kann [vgl. 22, S. 109–111]. Alle Schritte zusammen sind in Bild 7 dargestellt:

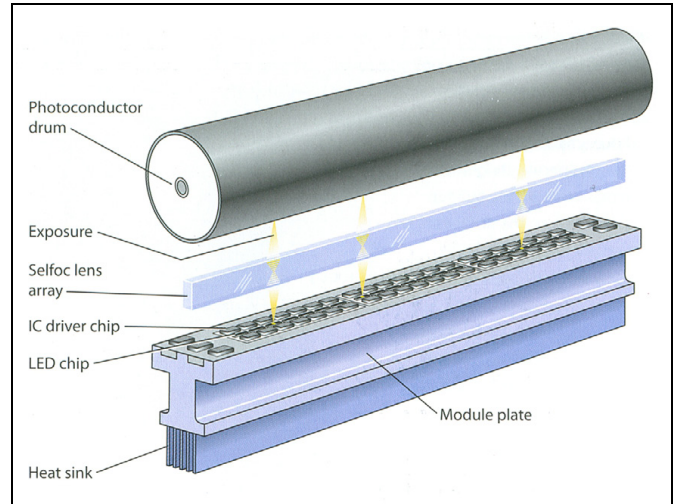


Bild 6: LED-Array bei der Elektrofotografie [22, S. 111]

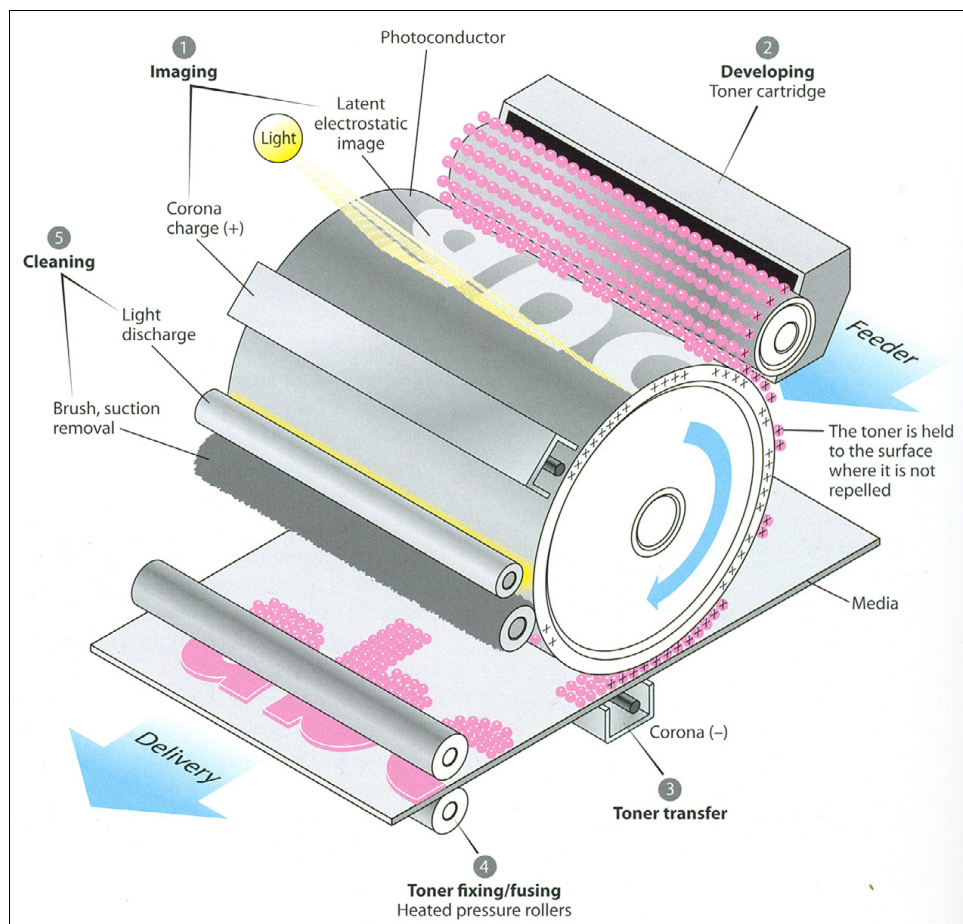


Bild 7: Prinzip des elektrofotografischen Druckprozesses mit Heizwalzen [22, S. 110]

Das Aufschmelzen des Toners erfolgt dabei normalerweise durch Heizwalzen, weswegen in diesem Fall Substrate ausgewählt werden müssen, die die entsprechende Temperatur aushalten. In neueren Maschinen sind die Walzen deswegen durch eine Blitzlampe oder ein ähnliches Gerät ersetzt, welche den Toner schnell kontaktlos fixieren können [vgl. 25, S. 19].

Das Prinzip der Elektrofotografie kann auch mit Flüssigtoner durchgeführt werden, d. h. mit Tonerpartikeln, die in einem nicht-leitfähigen Kohlenwasserstoff-Öl dispergiert sind [vgl. 22, S. 116]. Bei der momentan am weitesten verbreiteten Flüssigtoner-Maschine, der *HP Indigo*, wird dieser Toner allerdings nicht direkt aufs Substrat übertragen, wie es bei den Trockentонера der Fall ist – stattdessen wird der Flüssigtoner auf einen beheizten Gummituchzylinder gedruckt, wo die Lösemittel des Flüssigtoners verdunsten und die Tonerpartikel bereits angeschmolzen werden. Von dort wird der Toner schließlich auf Papier übertragen (daher auch die Bezeichnung ›digitaler Offsetdruck‹ für die HP Indigo) – und durch die Wärme des Gummituches direkt dort fixiert, ohne dass dafür noch Heizwalzen nötig wären. [vgl. 22, S. 116]. Eine Schema des Druckwerkes einer *HP Indigo* ist in Bild 8 zu sehen.

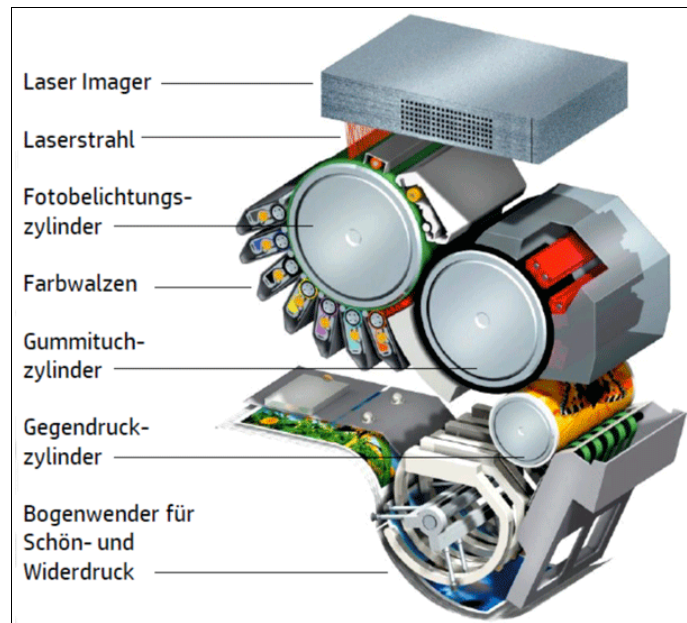


Bild 8: Druckwerk einer HP Indigo [26]

Die Elektrofotografie wird schon länger in diversen Print-on-Demand-Prozessen verbreitet angewendet – aus dem einfachen Grund, dass man schon seit der Markteinführung dieser Technologie in Form von Kopierern auch auf einfachem Naturpapier akzeptable Ergebnisse erzielen konnte [vgl. 22, S. 107]. Die Trockentoner-Maschinen sind heutzutage aber vor allem in Copy Shops und kleineren Druckereien verbreitet, während die *HP Indigo* dagegen eher in größeren Produktionsbetrieben zu finden ist.

Ein Grund hierfür ist die erreichbare Bildqualität: Trockentonerpartikel dürfen nicht in Größen hergestellt werden, die kleiner als 6 µm sind, sonst würden sie zu leicht in die Luft übergehen [vgl. 22, S. 116] und dort ein Feinstaubproblem (und damit gesundheitliche Risiken) verursachen. Beim Flüssigtoner sind die Tonerpartikel dagegen in einer Flüssigkeit dispergiert, die sie nicht von selbst verlassen können. Somit können sie in weit kleineren Größenbereichen hergestellt werden (1–2 µm), was (in Kombination mit dem Gummituch der *Indigo*, das sich der Paperoberfläche anpasst) im Vergleich zu Trockentoner zu geringeren Schichtdicken mit weniger Glanzunterschieden führt – und somit zu einem Druckergebnis, dass dem eines Offsetdruckes am nächsten kommt [vgl. 22, S. 117].

Nachteilig für einen Print-on-Demand-Prozess sind mögliche Haftprobleme bei beiden Sorten von Tonern, die fehlende Kratzfestigkeit des Flüssigtoners (was aber durch Beimischen von UV-härtenden Materialien in den Flüssigtoner gelöst werden konnte [vgl. 22, S. 117–118]) und die Limitierung der Substrate, welche die Hitze der Heizwalzen bzw. des Gummituches aushalten müssen, sofern keine kontaktlose Fixierung eingesetzt wird. Zudem kann bei hohen Druckgeschwindigkeiten die Bildqualität eines elektrofotografischen Druckprozesses nicht mehr gewährleistet werden [vgl. 27, S. 17], sodass dieses Verfahren nur in Frage kommt, wenn die Auftragszahlen nicht übermäßig hoch sind. Zudem sind Auflagen zwischen 250 und 500 Stück im Tonerdruck teurer als im (später detaillierter beschriebenen) Inkjetdruck [vgl. 27, S. 18].

d) Magnetografie

Dieses von Nipson eingesetzte Verfahren [vgl. 28, S. 38] funktioniert analog zur Elektrofotografie, sodass auch hier Toner zum Einsatz kommt. Der Unterschied ist aber, dass die Druckform hier keinen Fotorezeptor besitzt, der mit Licht bebildert wird, sondern stattdessen eine magnetisierbare Beschichtung nutzt, welche mit Schreibköpfen bebildert wird – der Toner wird dann durchs magnetische Feld angezogen [vgl. 23, S. 11]. Die restlichen Schritte sind die gleichen wie bei der Elektrofotografie. Zu bemerken ist aber, dass das latente Bild hier bestehen bleibt, bis es erneut Magnetfeldern ausgesetzt wird [vgl. 23, S. 11]. Wird die Trommel also nicht nach jeder Umdrehung entmagnetisiert, lässt sich dieses Verfahren auch im Sinne von *Image One*

Print Many benutzen und erhöht so die Druckgeschwindigkeit im Vergleich zur Elektrofotografie. Nachteilig ist aber, dass der Toner magnetisierbare Materialien enthalten muss – dies ist meist braunes Eisenoxid, weswegen es nicht möglich ist, magnetischen Toner mit hellen Farben (wie Gelb) herzustellen [vgl. 24, S. 708].

Dieses Druckverfahren eignet sich daher nur für den Schwarzweiß-Druck, was seinen großen Nachteil darstellt – für diverse Print-on-Demand-Anwendungen (wie Bedienungsanleitungen oder Inhalte von Romanen) sollte dies aber ausreichen. Dann kommt auch der Vorteil zum Tragen, dass man schnell und ohne zusätzlichen Aufwand die Auflagenzahl und damit auch die Geschwindigkeit der Maschine erhöhen kann.

e) Elektrografie

Auch dieses Verfahren nutzt Flüssigtoner, aber es wird kein Fotorezeptor bebildert, sondern ein mit einem Dielektrikum beschichtetes Substrat. Dessen Bebilderung geschieht über einen Stylus-Array. Zum entwickeln des Bildes wird das Substrat komplett mit Flüssigtoner geflutet, welcher danach per Luftmesser oder Walze wieder entfernt wird. An den bebilderten Stellen bleibt der Toner haften. Heizwalzen können nun eingesetzt werden, um den Toner zu fixieren, sind aber nicht zwangsläufig nötig. [vgl. 22, S. 118–119]

Da bei diesem Verfahren nur speziell beschichtete Substrate verwendet werden können, konnte es sich gegen den elektrofotografischen Flüssigtoner-Druck nicht durchsetzen. Dies gilt für einen Print-on-Demand-Prozess, wo relativ oft das Substrat gewechselt werden dürfte, erst recht.

f) Thermodirektdruck

In diesem Verfahren werden bis zu 400 Heizelemente pro Zoll zu einem Array zusammengesetzt, der als Druckkopf dient. Ein mit einer hitzeempfindlichen Schicht beschichtetes Substrat kann mit diesem bebildert werden, indem ein über der Bildstelle befindliches Heizelement aktiviert wird – hierdurch werden in der Beschichtung befindliche Farbstoffe freigesetzt [vgl. 22, S. 136]. Je nach Dauer und Intensität des Heizens können bei entsprechend beschichteten Substraten auch unterschiedliche Farben entwickelt werden, bis hin zu Fotos [vgl. 22, S. 136]. Bild 9 zeigt das Verfahren.

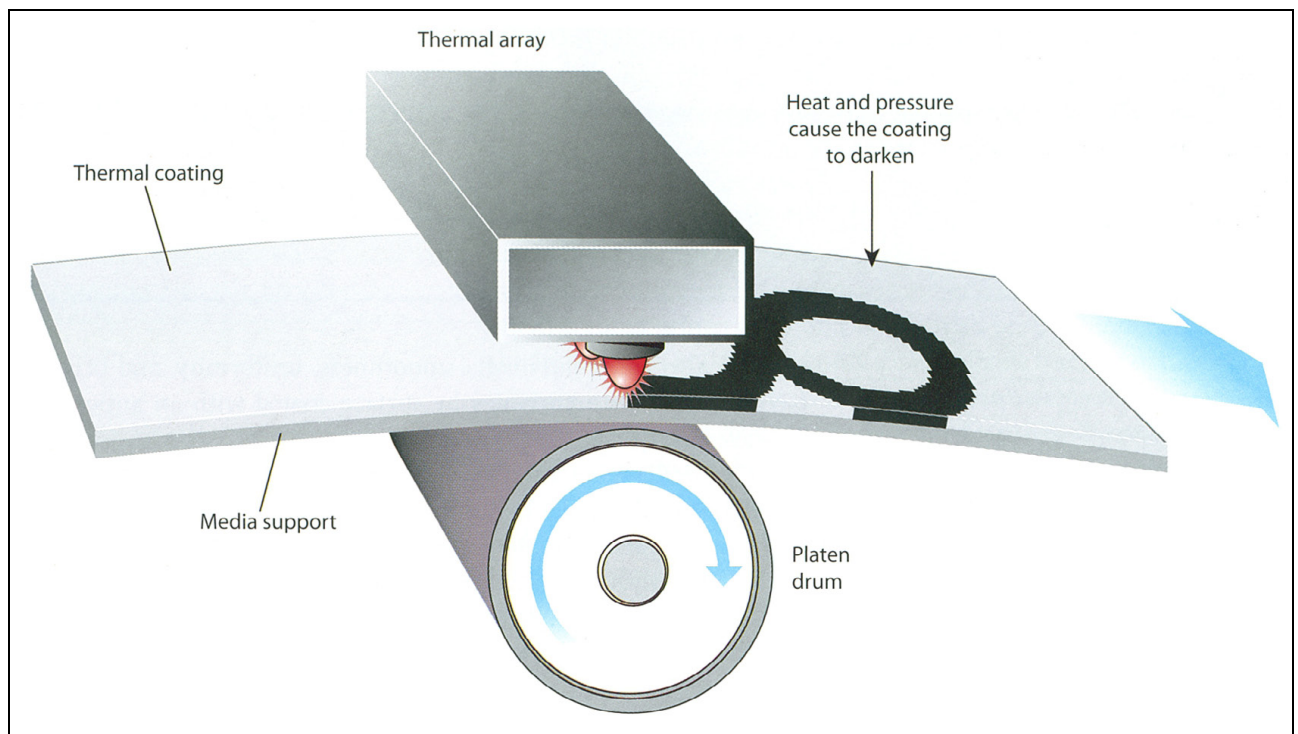


Bild 9: Schema des Thermodirektdrucks [22, S. 137]

Der Thermodirektdruck wird kaum in einem Print-on-Demand-Prozess für Publikationen angewandt werden. Die Hauptprobleme sind, dass das Substrat speziell beschichtet sein muss (ein Nachteil gegenüber Inkjet und Elektrofotografie) und dass diese Beschichtung Hitze und Druck gegenüber sehr empfindlich ist – mit der Gefahr, dass Farbstoff aus der Beschichtung austritt und den Druck verfälscht [vgl. 22, S. 137].

g) Thermal Autochrome

Dieses Verfahren basiert auf dem Thermodirektdruck und nutzt Substrate, deren Oberfläche aus drei unterschiedlichen Schichten Mikrokapseln besteht, welche Farbstoffe beinhalten. Die Kapseln werden, wo Farbe entstehen soll, durch Heizelemente aufgeschmolzen, wonach der Rest durch Strahlung in der Nähe des UV-Bereiches fixiert wird: Zuerst wird das Heizelement-Array bei 80 °C betrieben, wodurch gelbe Farbstoffe freigesetzt werden, danach wird die gelbe Schicht mit UV-Licht von 420 nm fixiert. Daraufhin wird mit 110 °C das magentafarbene Bild entwickelt und die entsprechende Schicht bei UV-Licht von 365 nm fixiert. Schlussendlich wird bei 130 °C die Cyan-Schicht bebildert, die nicht fixiert zu werden braucht. [22, S. 149]. Bild 10 stellt das Verfahren insgesamt dar.

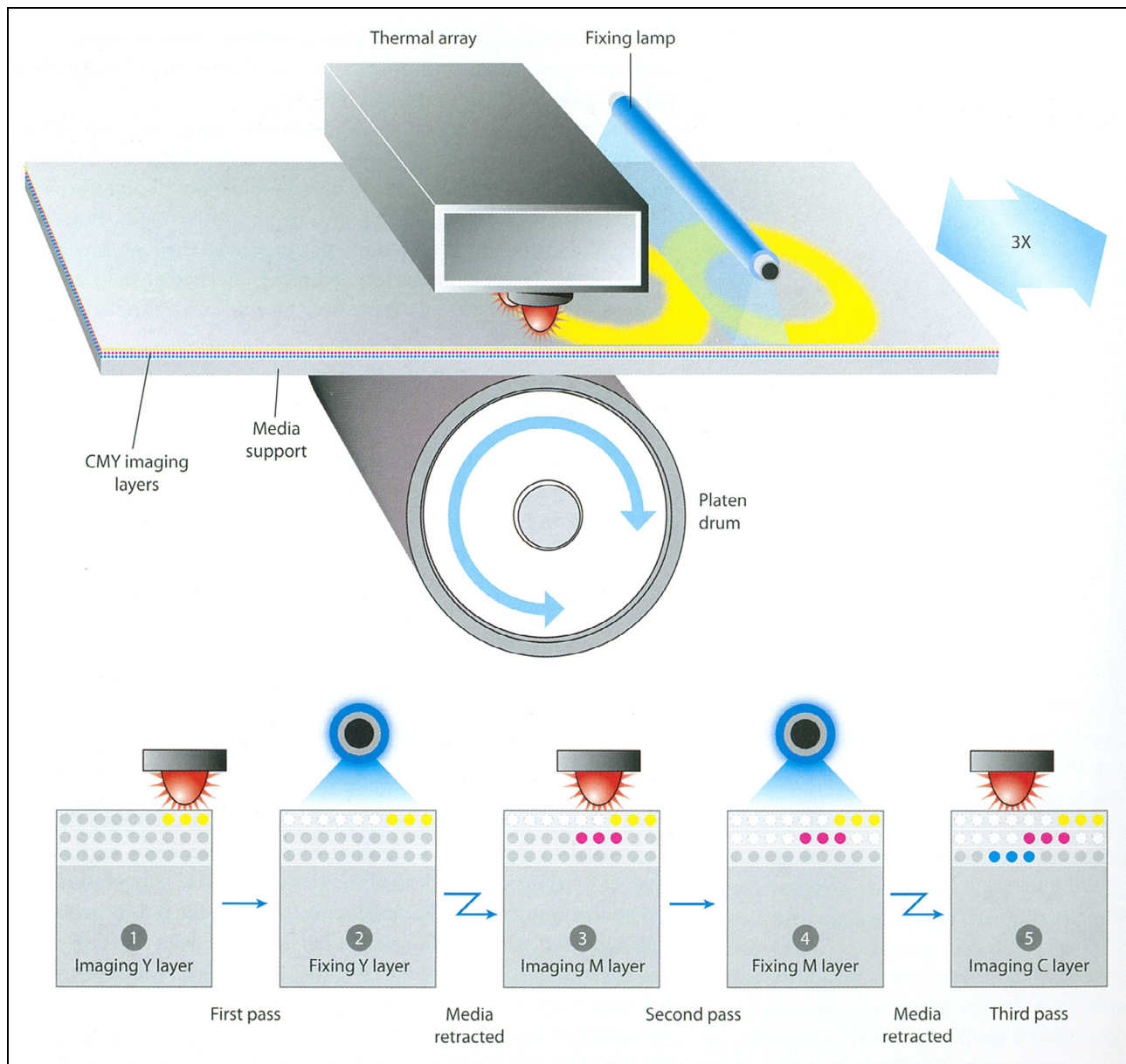


Bild 10: Schema von Thermal Autochrome; oben: Aufbau der Druckmaschine, unten: einzelne Prozessschritte im Querschnitt [22, S. 150]

Der große Vorteil dieses Verfahrens ist die überaus hohe erzielbare Bildqualität [vgl. 22, S. 149] – allerdings wird diese damit bezahlt, dass der Prozess langsam ist (da dreimal bebildert und zweimal fixiert werden muss), nur auf sehr komplexen (und damit teuren) Substraten durchgeführt werden kann und die Lichtbeständigkeit eher gering ist. Entsprechend kam er bislang vor allem in Kiosk-Druckern für Fotos zur Anwendung (z.B. *Fuji Printpix*) [vgl. 22, S. 147-149]. Bei einem Print-on-Demand-Prozess wäre dieser nur für Produkte sinnvoll, die gleichzeitig eine hohe Bildqualität erfordern, wo aber eine längere Beständigkeit des Druckes nicht benötigt wird. Die digitale Bebilderung von Fotosubstraten hat letzteren Nachteil nicht, weswegen Thermal Autochrome in Zukunft kaum noch anzutreffen sein sollte.

h) Thermotransferdruck

Bei diesem Verfahren läuft zwischen dem Heizelement-Array und dem Substrat ein Farbband hindurch, dessen Unterseite mit einem Wachs-Kunstharz-Gemisch beschichtet wurde, in welchem sich Pigmenten befinden [22, S. 138-142]. Wird ein Heizelement nun angesteuert, wird auf dem Farbband befindliche Wachs aufgeschmolzen und aufs Substrat übertragen [22, S. 138]. Dieses Schema ist in Bild 11 dargestellt.

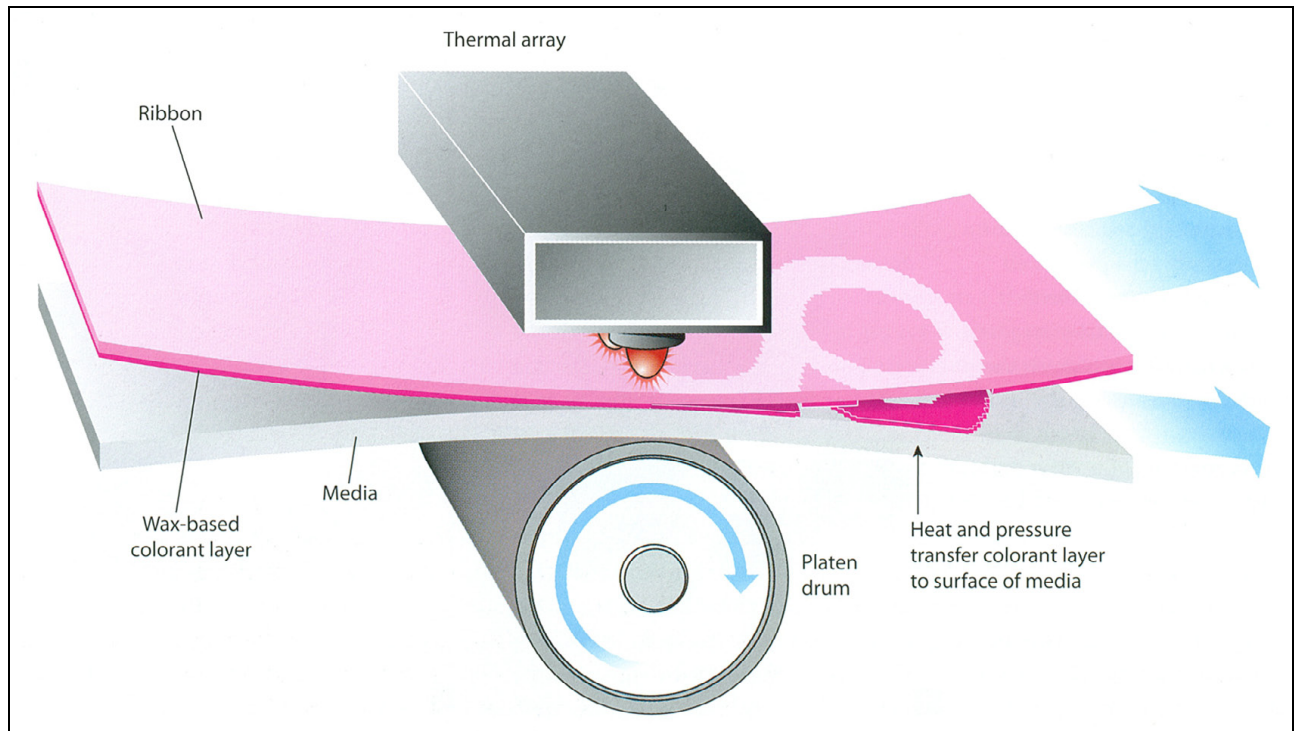


Bild 11: Schema des Thermotransferdrucks [22, S. 138]

Im Gegensatz zum Thermodirekt- und Thermodiffusionsdruck werden für dieses Verfahren keine speziell beschichteten Substrate gebraucht. Zum Übertragen mehrerer Farben sind aber mehrere Farbbänder oder Farbbänder mit unterschiedlich gefärbten Flächen nötig. Aus diesem Grund sind die Kosten der Drucke vergleichsweise hoch – wobei auch die Ressourceneffizienz eher gering liegt, da nur wenig der Farbe wirklich aufs Substrat übertragen wird und stattdessen vorrangig auf dem Rest des Bandes verbleibt. Dafür ist die Bildqualität (abhängig von den verwendeten Heizelementen) ähnlich der des Thermal Autochrome.

Print-on-Demand wäre mit diesem Prozess auf jeden Fall möglich, aber sicher nicht ressourcenschonend. Für hochqualitative Drucke auf verschiedenen Substraten (z.B. Buchcover oder Poster) ist eine Anwendung aber gut vorstellbar.

i) Thermodiffusionsdruck

Der Aufbau des Druckers ist dem des Thermotransferdrucks sehr ähnlich. Die Hauptunterschiede sind, dass sich hier statt Pigmenten Farbstoffe im Farbband befinden und diese durch die Hitze der Heizelemente in eine auf dem Substrat befindliche Empfangsschicht diffundieren, während das Bindemittel auf dem Farbband zurück bleibt [22, S. 142-144]. Bild 12 zeigt die Funktionsweise.

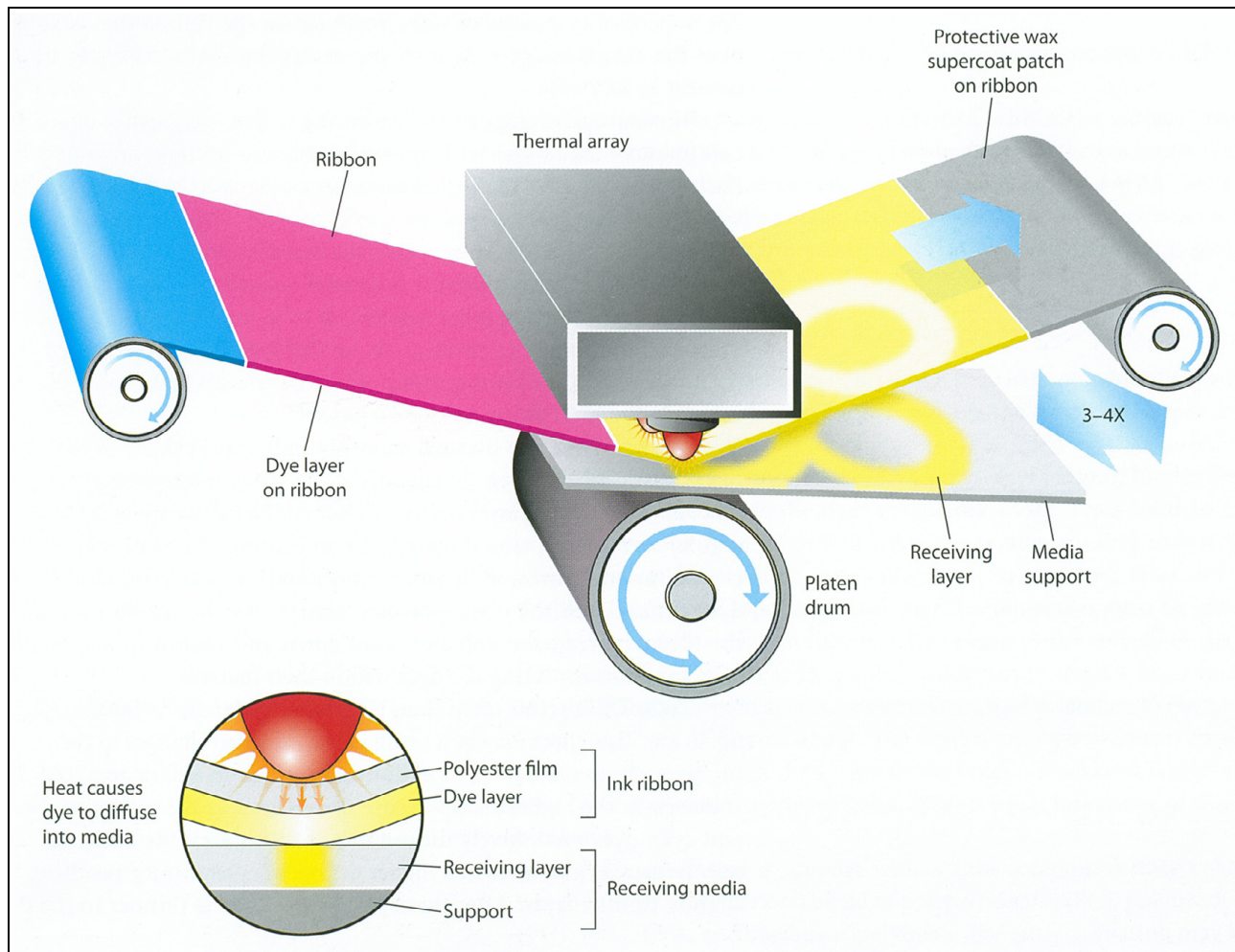


Bild 12: Schema des Thermodiffusionsdrucks; oben: Aufbau der Druckmaschine, unten: die Farbstoff-Übertragung im Detail [22, S. 143]

Beim Thermodiffusionsdruck sind wieder spezielle Substrate nötig, in deren Beschichtung der Farbstoff hinein diffundieren kann. Dafür ist die erreichbare Bildqualität mit diesem Verfahren nahezu fotografisch, da auch Halbtöne direkt wiedergegeben werden können, indem das Heizelement länger und kürzer angesteuert wird [vgl. 22, S. 142–143].

Natürlich sind auch hier mehrere Farbbänder oder Bänder mit mehreren Farbflächen nötig, wenn verschiedene Farben gedruckt werden sollen, was die Kosten in die Höhe treibt und die Ressourceneffizienz senkt.

Die Anwendungsfelder für einen Print-on-Demand-Prozess sind die gleichen wie beim Thermotransferdruck, werden aber hier durch die speziellen Substrate limitiert.

j) Digitale Bebilderung von Fotosubstraten

Dieses Verfahren nutzt, wie die Elektrofotografie, einen Laser, bebildert aber ein Fotosubstrat direkt, während es an der Trommel in der Druckmaschine vorbeiläuft. Die Farben im Bild werden einzeln über rotes, grünes und blaues (Laser-)Licht bebildert, das durch einen zwischengeschalteten Modulator (siehe Bild 13)

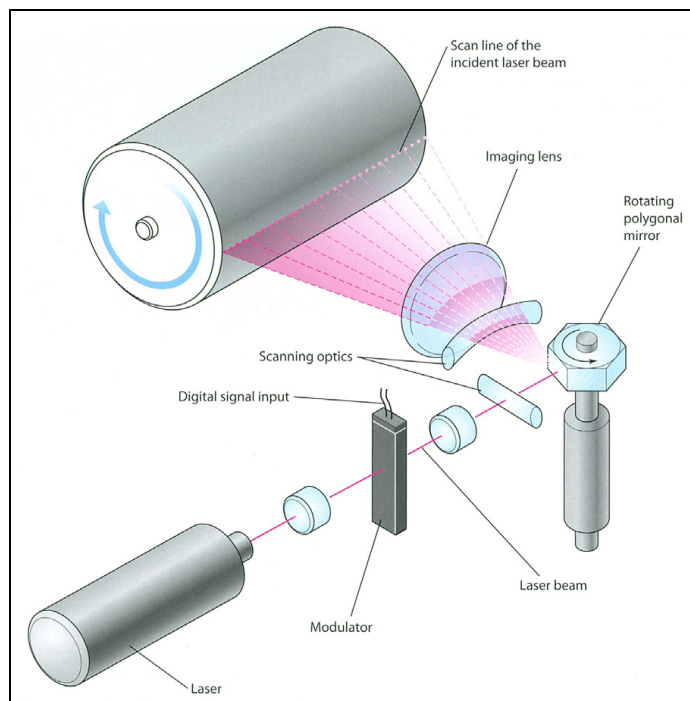


Bild 13: Schema der digitalen Bebilderung von Fotosubstraten [22, S. 127]

in seiner Stärke variiert werden kann – auf diese Weise können pro Farbe bis zu 256 Helligkeitsstufen erreicht werden. Das Substrat wird nach der Bebilderung schließlich auf herkömmliche Weise entwickelt [vgl. 22, S. 125–128].

Wie beim Thermodiffusionsdruck können hier verschiedene Halbtöne erzeugt werden, weswegen mit diesem Verfahren die höchstmögliche Bildqualität erzeugt werden kann. Dabei ist hier die Kantenschärfe noch besser als bei der Thermodiffusion [vgl. 22, S. 129 & 145]. Da die Substrate denen der klassischen Fotografie ähneln, ist auch deren Lebensdauer ähnlich hoch einzuschätzen.

Dieses Verfahren hat aber den großen Nachteil, dass die Substrate wie klassische Fotos entwickelt werden müssen, was bei keinem anderen der hier genannten Verfahren der Fall ist. Durch diesen zusätzlichen Schritt lohnt sich dieses Verfahren als Print-on-Demand nur bei sehr hochpreisigen Drucken, z.B. Kunstdrucken.

k) Pictography

Dieses Verfahren wurde von Fujifilm entwickelt und bebildert einen Zwischenträger mit fotografischer Beschichtung, sozusagen als Negativ. Dieser wird angefeuchtet, auf das Zielsubstrat gelegt und beides wird unter Hitze zusammen gedrückt, z.B. mit Hilfe von beheizten Anpresswalzen. Im Zwischenträger entwickelt sich durch die Hitze das Bild, welches gleichzeitig auf das Zielsubstrat übertragen wird [22, S. 130–131]. Bild 14 zeigt diesen Ablauf:

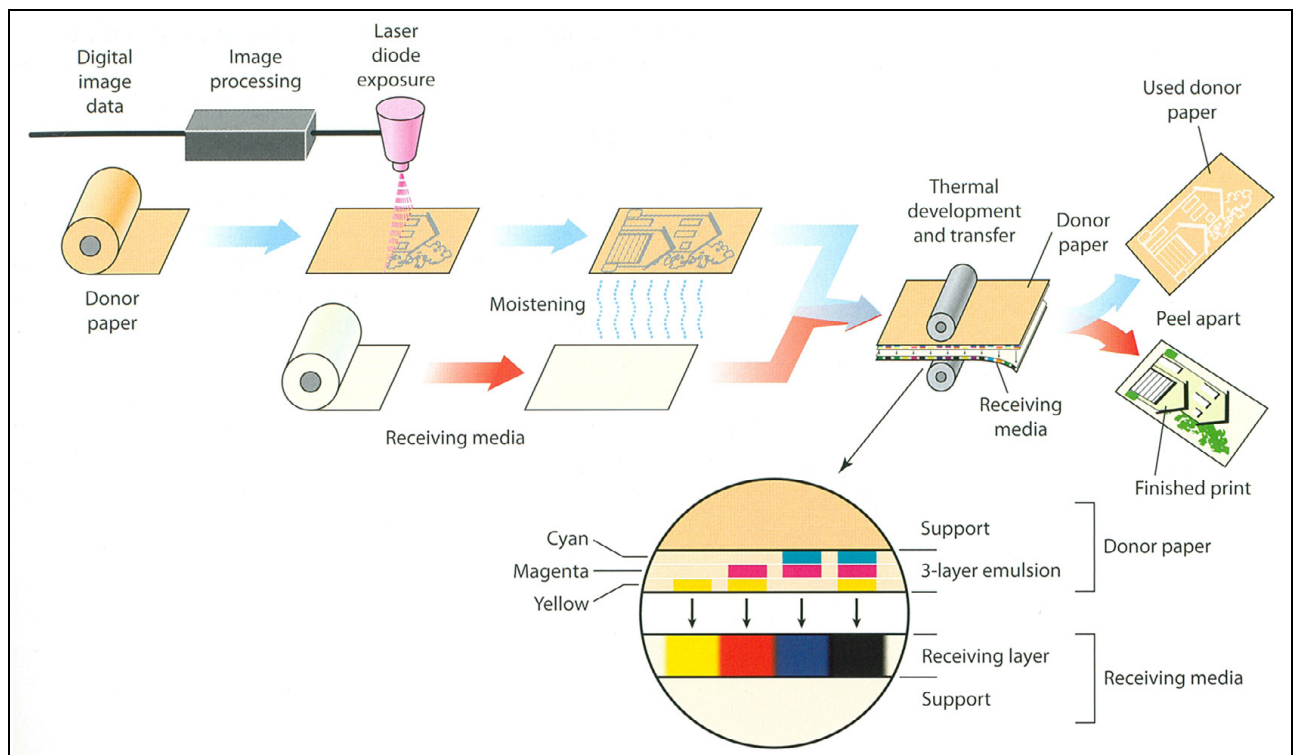


Bild 14: Ablaufschema der Pictography [22, S. 131]

Die Bildqualität ist ähnlich gut wie bei der digitalen Entwicklung von Fotosubstraten; Kosten sowie Anwendungsfelder bei einem Print-on-Demand-Prozess sind ähnlich. Denn der Entwicklungsschritt fällt hier zwar weg, dafür kommt ein Übertragungsschritt ins Spiel, der zusätzlichen Abfall an Trägermaterial erzeugt.

l) Continuous Inkjet

Dieses Verfahren geht auf ein Patent von Lord Kelvin zurück, das schon 1874 erteilt wurde – dennoch fand die Technologie erst in den 1960er-Jahren weite Verbreitung [vgl. 22, S. 71]. Bei diesem Verfahren besteht der Druckkopf aus einer Düse, in der sich ein periodisch schwingendes Piezo-Element befindet. Aus dieser Düse tritt ein kontinuierlicher Tintenstrom aus, der durch die Schwingungen des Piezo-Elements in Einzeltropfen zerfällt. Um nun nur Stellen zu bedrucken, an denen Tinte gewünscht ist, werden die Tropfen im Flug aufgeladen und vor dem Substrat durch ein elektrisches Feld abgelenkt.

Dies kann auf zwei Weisen erfolgen: Bei der *Binary Deflection* werden nicht benötigte Tropfen abgelenkt, sodass sie zu einem Auffangbehälter fliegen; der Rest formt Druckpunkte auf dem Substrat (Schema siehe Bild 15) [vgl. 22, S. 73–75]. Bei der *Multiple Deflection* werden nicht aufgeladene Tropfen aufgefangen, während der Rest unterschiedlich stark aufgeladen wird, sodass verschiedene Stellen auf dem Substrat gleichzeitig abgedeckt werden können (Schema siehe Bild 16). [vgl. 22, S. 77]

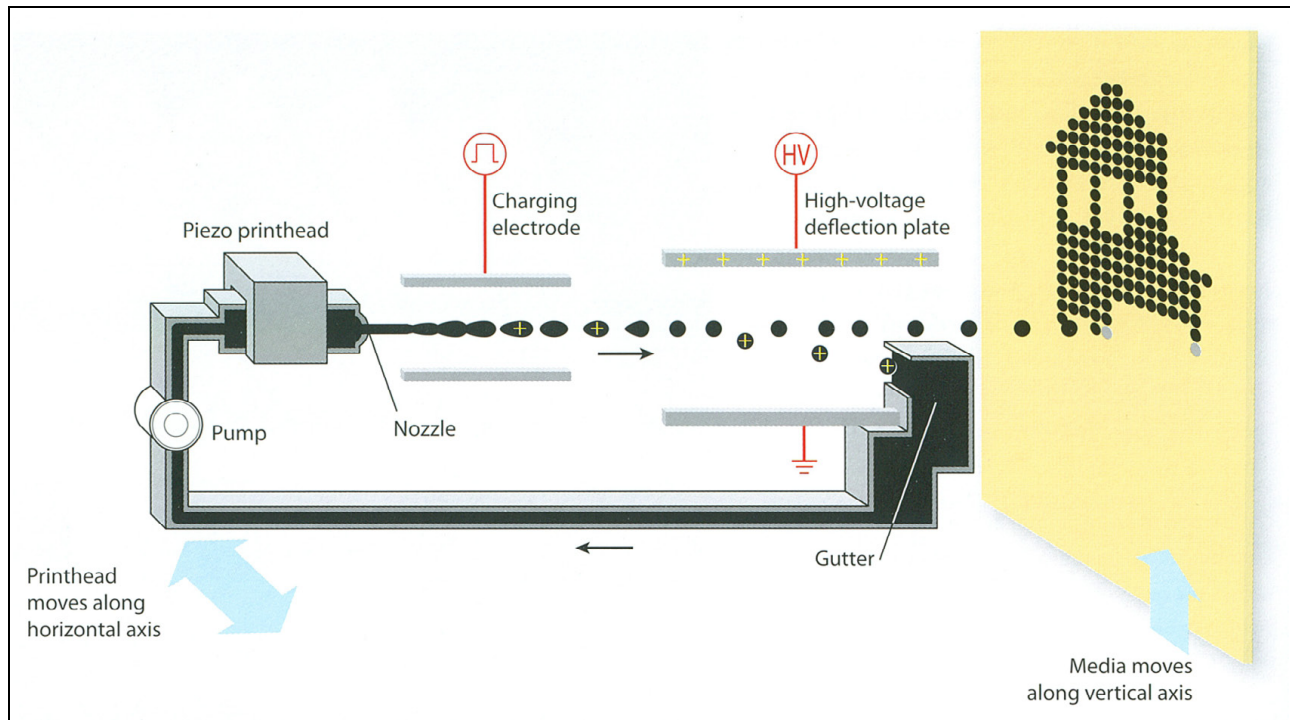


Bild 15: Schema eines Continuous Inkjets mit Binary Deflection [22, S. 74]

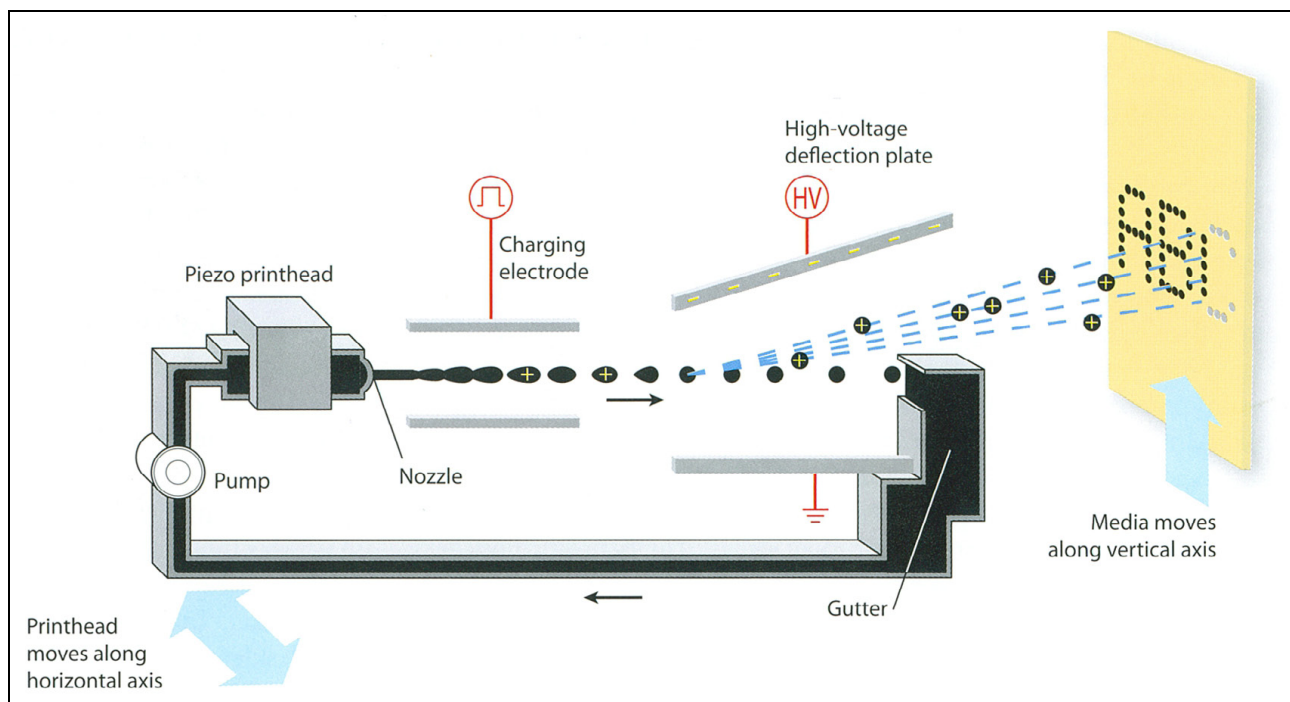


Bild 16: Schema eines Continuous Inkjets mit Multiple Deflection [22, S. 77]

Damit dieses Verfahren funktioniert, müssen die Tinten einen kleinen Anteil an einem leitfähigen Salz beinhalten, ansonsten bestehen sie aus in Wasser oder Lösemittel gelöstem Farbstoff [22, S. 67 & S. 76].

Dieses Verfahren wurde bislang vor allem für die Kennzeichnung von Lebensmitteln (z.B. dem Haltbarkeitsdatum auf PET-Flaschen) verwendet, aber es existiert mit Kodaks *Steam*-Technologie auch eine Variante für den hochvolumigen Produktionsdruck, die einen Continuous Inkjet verwendet [vgl. 29]. Diese wird in Kodaks *Prosper*-Maschinen und -Eindruckköpfen angewandt [vgl. 30, S. 20] und kann, sofern das benötigte Substrat auf Rolle vorhanden ist, für alle Drucksachen eines Print-on-Demand-Prozesses eingesetzt werden.

m) Drop-on-Demand Inkjet

Auch hier wird Tinte über eine Düse aufs Substrat gebracht, aber im Gegensatz zum Continuous Inkjet werden hier nur Tropfen erzeugt, wenn sie auf dem Substrat benötigt werden. Der Tropfenausstoß kann wie beim Continuous Inkjet über ein Piezo-Element (*piezoelektrischer Drop-on-Demand Inkjet*) angeregt werden oder über ein in der Düse befindliches Heizelement erfolgen (*thermaler Drop-on-Demand Inkjet*) [22, S. 77]. Bild 17 zeigt das Funktionsschema beider Varianten.

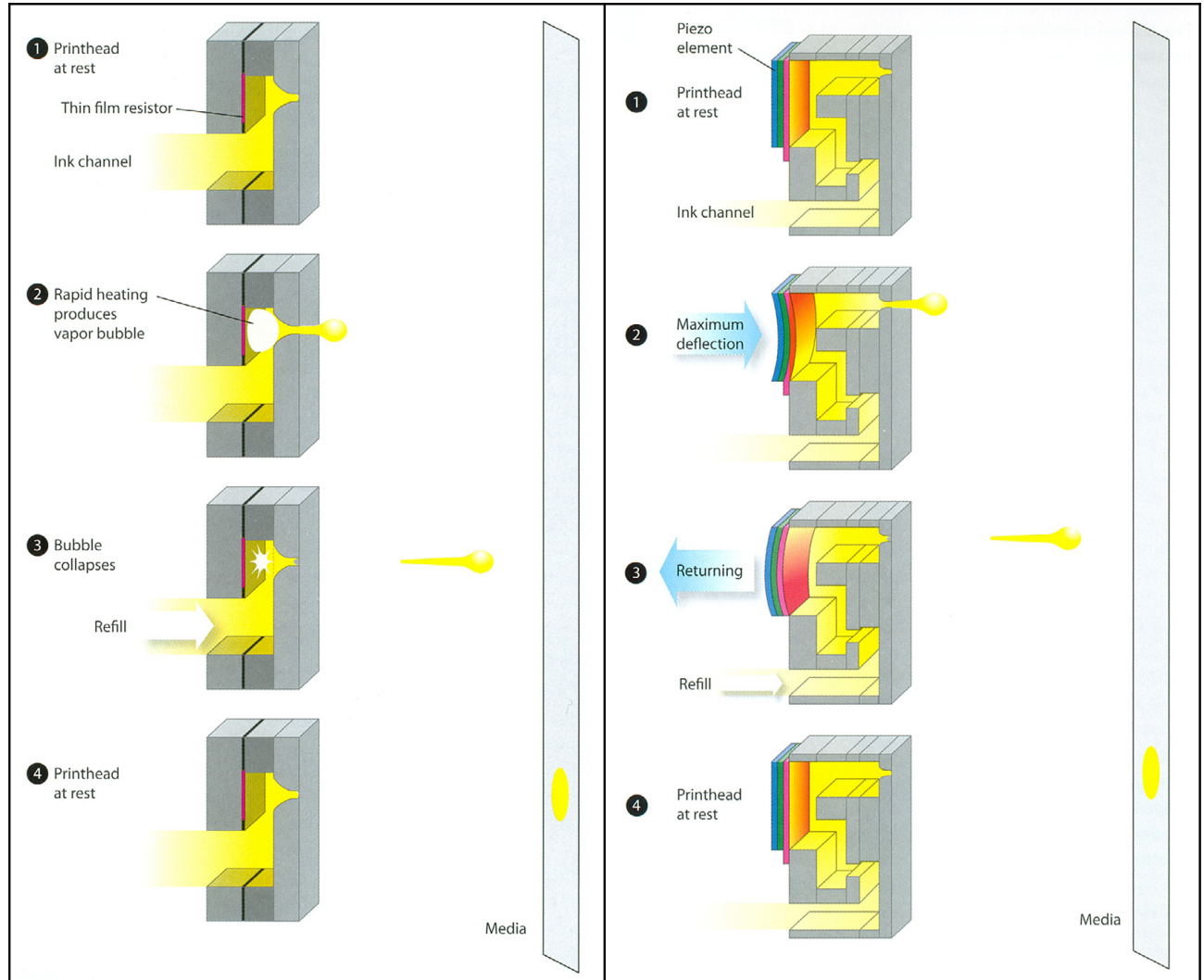


Bild 17: Schema des Tropfenausstoßes beim thermalen Drop-on-Demand Inkjet (links) und beim piezoelektrischen Drop-on-Demand-Inkjet (rechts) [22, S. 83 & 84]

Zu beachten ist, dass thermale Drop-on-Demand Inkjets nur mit wasserbasierten Tinten funktionieren, dafür aber günstiger herzustellen sind. [vgl. 22, S. 83]

Für piezoelektrische Drop-on-Demand Inkjets können dagegen auch Tinten auf Basis von Lösemitteln und Ölen sowie UV-härtende Tinten und Festtinten (*phase change inks*) verwendet werden; letztgenannte müssen jedoch vor dem Druck im Druckkopf aufgeschmolzen werden [vgl. 22, S. 67].

Wegen der großen Variabilität an einsetzbaren Tinten (gerade beim Piezo-Inkjet) sollen die entsprechenden Sorten noch genauer beschrieben werden:

Wasserbasierte Tinten bestehen zu 60–90% aus Wasser plus 5–30% Co-Lösemittel [vgl. 22, S. 87] und brauchen nach dem Druck normalerweise Zeit zum Trocknen bzw. eine Trockeneinheit in der Druckmaschine – oder man verwendet ein saugfähiges Substrat, in das sie schnell wegschlagen können. Als Farbmittel werden entweder Farbstoffe (Dyes) oder Pigmente verwendet. Farbstoffe lösen sich im Trägermedium auf und sorgen so nicht nur für einen stabilen Druckprozess, sondern, da sie gelöst in Form von Einzelmolekülen von etwa 3 nm Größe vorliegen, auch für kräftigere Farben – haben aber den Nachteil,

dass sie schnell ausbleichen und nicht wasserfest sind [vgl. 22, S. 48 & 85-87]. Pigmente dagegen sind im Trägermedium unlöslich und lediglich dispergiert, wobei die Lichtechtheit und die Wasserfestigkeit mit zunimmt, je größer das Pigment ist. Allerdings dürfen die Pigmente auch nicht zu groß sein, da sie sonst die Düsen verstopfen würden – entsprechend gilt aus Faustregel, dass die Größe eines Pigmentpartikels maximal 1/20 des Düsendurchmessers betragen darf [vgl. 22, S. 87]. In Inkjet-Tinten werden entsprechend Pigmentpartikel der in einem Größenbereich von 0,01–1 µm eingesetzt [vgl. 22, S. 49].

Als Bindemittel der wasserbasierten Tinten dient im Standardfall Acryl [vgl. 22, S. 87], aber dieses muss nicht nur einfach in die Tinte eingemischt sein:

So bietet Epson für mit der *UltraChrome*-Tinte eine Variante an, in der die Pigmentpartikel bereits im Bindemittel eingekapselt sind, wodurch deren Haltbarkeit und der erreichbare Farbraum erhöht wird [vgl. 31].

Dagegen hat HP entwickelten Tinten entwickelt, in denen neben Pigmenten ein spezielles Polymer in Wasser dispergiert ist (daher werden sie auch als ›Latex-Tinten‹ bezeichnet), welches nach einem Heizschritt zu einem festen Kunststofffilm polymerisiert [vgl. 32, S. 1–6].

Schließlich wurden von Ricoh noch wasserbasierte Pigmenttinten entwickelt, die nach dem Drucken gelieren (daher auch ›Gel-Tinten‹ genannt) und so das Ausbluten der Farbe auf dem Papier vermindern. [vgl. 33, S. 8]

Lösemittelbasierte Tinten trocknen dagegen durch Verdunsten, da das Lösemittel in der Tinte flüchtig ist [vgl. 25, S. 26]. In der klassischen, als ›Hard Solvent‹ bezeichneten Zusammensetzung sind diese Tinten schädlich für die Umwelt und die menschliche Gesundheit, sodass manche solcher Tinten bereits verboten wurden [vgl. 30, S. 19] und die noch erlaubten Drucker nur in gut belüfteten Räumen verwendet werden dürfen [vgl. 33, S. 4]. Um beide Gefahren abzumildern wurden Tinten entwickelt, bei denen weniger aggressive Lösemittel verwendet und diese mit Wasser verdünnt wurden – derartige Tinten sind unter der Bezeichnung ›Eco Solvent‹ oder ›Mild Solvent‹ verfügbar [vgl. 22, S. 99 & 33, S. 5]. Eine weitere Variante ist ›Bio Solvent‹, bei denen das Lösemittel aus Ethyllaktat besteht – dieses kann aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen werden und ist gesundheitlich sowie ökologisch wenig bedenklich [vgl. 33, S.5].

Als Farbgeber in allen diesen Lösemitteltinten dienen spezielle Lösemittelfarbstoffe (im Lösemittel gelöst) oder dispergierte Farbstoffe (darin dispergiert); auch Bindemittel sind wieder enthalten [vgl. 22, S. 99].

Ölbasierte Tinten enthalten Pigmente oder Farbstoffe in einem nicht-flüchtigen nicht-polaren Kohlenwasserstoff, trocken daher durch Wegschlagen und benötigen aus diesem Grund poröse Substrate [22, S. 99].

UV-härtende Tinten bestehen aus Pigmenten, die in Monomeren, Oligomeren und Photoinitiatoren dispergiert sind [vgl. 22, S. 100]. Diese Tinten werden direkt nach dem Druck mit UV-Licht ausgehärtet, wodurch sie zu einem Kunststoff polymerisieren, der die Pigmente in sich einschließt – entsprechend verbleiben nahezu 100% des gedruckten Tintenvolumens auf dem Substrat [vgl. 22, S. 100]. Diese Tinten können, indem die Zusammensetzung der Monomere und Oligomere entsprechend angepasst wird, auch in den klassischen Druckverfahren (Offsetdruck, Flexodruck, Tiefdruck, Siebdruck und Tampondruck) eingesetzt werden [vgl. 34, S. 133–348]. Aber der große Vorteil beim Verdrucken von UV-härtenden Tinten mit einem Piezo-Inkjet ist, dass man dann – von Pappe über Holz bis hin zu Glas und Metall – alle möglichen Substrate mit gutem Ergebnis bedrucken kann [vgl. 33, S. 6], eine ggf. notwendige Vorbehandlung mit Bahnreinigung und Korona vorausgesetzt [vgl. 34, S. 358–359]. Eine derartige Flexibilität bei den Substraten ist sonst nur mit dem UV-Sieb- und UV-Tampondruck möglich, aber beim UV-härtenden Inkjet braucht im Gegensatz dazu keine Druckform hergestellt zu werden, was Kosten senkt. Die Möglichkeit, Einzelexemplare rentabel herzustellen, kommt noch hinzu. Aus diesen Gründen ist anzunehmen, dass sich UV-härtende Inkjet-Tinten in naher Zukunft stark verbreiten werden.

Festtinten (auch als Hot-Melt-Tinten oder *phase change inks* bezeichnet) bestehen aus Wachs, Kunstharz und dem entsprechenden Farbmittel [vgl. 25, S. 26]. Es ist entsprechend auch sinnvoll, wenn man sie wie in [33, S. 9] schlicht als ›Wachstinten‹ bezeichnet. Diese Tinten werden zum Verdrucken bei 80-150 °C aufgeschmolzen, weswegen sie auf dem Substrat nicht im eigentlichen Sinn trocknen, sondern erstarren – entsprechend können Hot-Melt-Tinten nicht ins Substrat penetrieren [vgl. 22, S. 101 & 25, S. 26].

Aber unabhängig davon, welche Tinte verwendet wird – normalerweise werden beim Drop-on-Demand Inkjet immer mehrere Düsen zusammen zu einem Druckkopf vereinigt, um die Druckbreite zu erhöhen und den Druck zu beschleunigen. Beim weit verbreiteten KJ4A von Kyocera [vgl. 35, S. 23 & 36] wurden zum Beispiel 2565 Düsen zu einem Druckkopf zusammengefügt. Diese erzeugen Tropfen von 6 pl Größe (die bis auf 14 pl vergrößert werden können, wenn gewünscht) und sind mit einer Auflösung von 600 dpi nebeneinander angeordnet, sodass eine effektive Druckbreite von 108,25 mm entsteht. Sofern das Druckbild diese

Breite nicht überschreitet, kann mit diesem Druckkopf in einer Geschwindigkeit von 50,8 m/min gedruckt werden, da die Tropfen mit einer Frequenz von 20 kHz ausgestoßen werden.

Soll auf einer breiteren Fläche gedruckt werden, als es der Druckkopf zulässt, kann dieser quer über die Seite bewegt werden, was die Produktivität rapide herabsetzt, oder mehrere Druckköpfe pro Farbe nebeneinander gestellt werden, bis die gewünschte Druckbreite erreicht ist. Es ist ebenso möglich, mehrere Druckköpfe versetzt voreinander anzuordnen (oder einen Druckkopf schräg zu stellen) um so die Druckauflösung zu erhöhen und die Bildqualität entsprechend zu verbessern [vgl. 24, S. 724-726]. Auf Kosten der Bildqualität kann schließlich die Geschwindigkeit erhöht werden, indem in Druckrichtung die Auflösung des Druckkopfes herabgesetzt wird – oder umgekehrt die Qualität auf Kosten der Geschwindigkeit [vgl. 35, S. 22].

Die hohe Flexibilität der Inkjets, was Qualität, Geschwindigkeit, Skalierbarkeit und verwendbare Tinten angeht (und damit verbunden die hohe Zahl an möglichen Substraten), wird dafür sorgen, dass sie sich schnell verbreiten sollten, sobald die ersten Produktions-Maschinen wirklich marktreif sind.

1.4 Kritische Punkte für die Nachhaltigkeit eines Print-on-Demand-Prozesses

Mit diesen Vorkenntnissen können nun die kritischsten Punkte angesprochen werden, die einer wirklich hohen Nachhaltigkeit eines Print-on-Demand-Prozesses noch im Wege stehen und die deswegen in dieser Arbeit behandelt werden sollen.

Zu allererst ist klar, dass die meisten Publikationen nicht mehr ausschließlich in gedruckter Form vorliegen, sondern auch als eBook, eZine oder ePaper – von den diversen Internetseiten ganz zu schweigen, die mit den Verlagseinhalten in Konkurrenz stehen. Hier entscheidet der Leser, welche Art von Medium er verwendet, und inwiefern der Papierkreislauf bestehen bleibt. Entsprechend sollten gedruckte und elektronische Medien hinsichtlich ihrer (wahrgenommenen und realen) Nachhaltigkeit miteinander verglichen werden.

Für einen Verlag (oder einer Self-Publishing-Plattform) ist dies insofern ein kritischer Punkt, dass ein Inhalt leicht auf die verschiedenen Arten von Medien angepasst werden muss, um dem Leser die Auswahl der für ihn bevorzugten (oder nachhaltigeren) Form zu lassen. In dieser Arbeit soll hierfür dargestellt werden, wie gut ein Print-on-Demand-Prozess in einen crossmedialen Publikationsablauf passt.

Der dritte kritische Punkt sollte bereits aus dem Kapitel über die Technologien ersichtlich geworden sein: Bei einem Print-on-Demand-Prozess können, besonders wenn er auf einem Inkjet aufgebaut ist, viele verschiedene Arten von Druckfarben in den Papierkreislauf gelangen. Leider wurde die Wiederaufbereitung von Altpapier speziell auf die klassischen Verfahren Offset und Tiefdruck zugeschnitten [vgl. 37, S. 2], sodass es bei meisten dynamischen Digitaldruck-Verfahren nicht wirkt, wie Bild 19 darstellen soll.

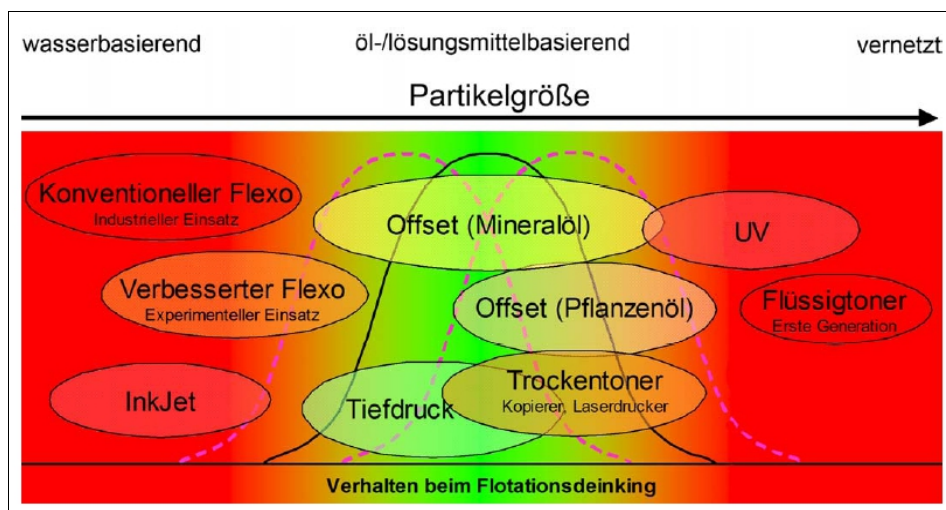


Bild 18: Verhalten der verschiedenen Druckfarben bzw. -verfahren beim Flotations-Deinking [37, S. 3]

Es soll daher untersucht werden, welchen Einfluss die verschiedenen für den Digitaldruck brauchbaren Tinten und Toner auf den Papierkreislauf ausüben und inwiefern das Substrat (sprich: verschiedene Papiersorten) darauf Einfluss nehmen kann. Auf dieser Basis können sich Verlage und Druckereien für spezielle Substrate und Druckfarben entscheiden, mit denen ein Print-on-Demand-Prozess funktioniert und die den Papierkreislauf dennoch nicht negativ beeinflussen. Und selbst aus eventuell entstehenden negativen Ergebnissen können Hersteller von Papier und Druckfarben gegebenenfalls Lösungen ableiten, mit denen sie ihre Papiere und Druckfarben entsprechend weiterentwickeln können, sodass negative Wirkungen auf den Papierkreislauf behoben werden können.

2 Die Nachhaltigkeit der verschiedenen Medientypen

2.1 Gedanken zu allgemeinen Indikatoren

»Much of the discussion about eReaders versus paper books has taken place with the best of intentions and indeed makes the most of available information. But the fact remains that reliable information at the required scale (both micro and macro) is not available, and probably never will be because of the cost of acquiring that information in light of how quickly it becomes redundant.« [38]

Aus diesem Grund geht auch die Diskussion unvermindert weiter, welches Medium nun das nachhaltigere von beiden sei: »Many opinion formers claim that moving away from print media to electronic and digital alternatives is environmentally preferable. Opponents of this shift argue that few industries are as sustainable as the paper and printing industry.« [25, S. 11]

Dieser Gegensatz trägt sich bis zu den Mediennutzern hin, wie der unter Bloggern und verbreitete Begriff ›Totholzmedien‹ beschreibt, mit dem Printmedien als anachronistisch dargestellt werden – und der gleichzeitig von anderen Lesern als Verflachung und Pauschalisierung wahrgenommen wird [vgl. 39]. Oft ist aber das eigentliche Ziel derartiger Diskussionen, das Ende der als seicht und voreingenommen wahrgenommenen Presselandschaft herbei zu schreiben [vgl. 39], was in übermäßig vereinfachender Weise Medium und Inhalt gleichsetzt: Denn würde ein ursprünglich rein elektronisch publizierter Text eine andere Bedeutung bekommen, bloß weil er gedruckt werden würde? Oder würde ein demagogischer Zeitungsartikel besser, bloß weil man ihn digitalisieren und ins Internet stellen würde? Der Inhalt wäre in jedem Fall der gleiche – das sollte sich jeder Leser bewusst machen.

Natürlich hat die Digitalisierung dazu geführt, dass die Printmedien nicht mehr das Informationsmonopol besitzen – was aber gerade nicht dazu geführt hat, dass diese verschwunden sind: Denn mit den damit verbundenen technischen Möglichkeiten wurde es auch kleinen Herausgebern mit geringem finanziellen Aufwand möglich, unabhängige Printmedien herzustellen, bei denen zudem ein höherer Augenmerk auf Gestaltung gelegt wird. In diesem Sinne verhalten sich Printmedien und das Internet als Gegenüber bzw. Widerpart – so wie es auch bei Theater und Film oder Malerei und Fotografie der Fall ist [vgl. 40, S. 47–48].

Die beiden Widerparte unterscheiden sich aber unter Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit an verschiedenen Stellen. Zum Beispiel sind die Ressourcen, die das Internet benötigt (Strom und die Bauteile der Computer), zwar weniger offensichtlich als die einer gedruckten Publikation (Zellulosefasern und Druckfarbe), müssen aber dennoch aufgebracht werden [vgl. 39]. Um hier einen sinnvollen Vergleich anzustellen, müsste man »den Energie-Footprint eines Blogs, eBooks oder gar Tweets bestimmen. Dabei geht es nicht nur um den Stromverbrauch für den Lesevorgang. Die anteilige Herstellung der beteiligten Rechner, Nutzung von Netz-Infrastruktur und der Long-Tail wie der Abbau seltener Erden trägt einiges zusammen.« [39]

Die größte Schwierigkeit ist dabei, eine Verallgemeinerung zu finden, die sich nicht spezifisch auf eine Produktionsanlage bezieht, wie es z.B. bei der ISO 14031 oder der dem Environmental Management Accounting der Fall ist [vgl. 25, S. 46–48]. Aber man kann Indikatoren heranziehen, die sich zumindest qualitativ miteinander vergleichen lassen – für den Fall, dass keine spezifischen Daten verfügbar sind. Zum Beispiel ist die Möglichkeit, aus Papier nach dessen Nutzung neues Papier herstellen zu können, ein Faktor, der dieses Medium nachhaltiger macht, als wenn man Papier nur verbrennen oder deponieren könnte – denn die Recyclebarkeit schafft einen Faserkreislauf, der den nötigen Ressourcen mehr Zeit lässt, sich zu regenerieren bzw. den akuten Bedarf an Frischfasern mindert. Verbunden hiermit ist eine unterschiedlich große Zahl an Bäumen oder anderen zellulosehaltigen Pflanzen, die neu angepflanzt werden müssen.

Abstrakte, allgemeine Nachhaltigkeits-Indikatoren sollen nun aus [25, S. 54-56] zusammengestellt werden:

- Der bereits genannte ›Energie-Footprint‹ ist sinnvoll, da er sich über den Lebenszyklus des Produktes erstreckt (Herstellung, Transport und Nutzung), aber die Art der verbrauchten Energie ausnimmt – falls ein globales Modell gewünscht ist, lässt sich diese (und die Einflüsse der jeweiligen Energieerzeugungs-Methode) in einem separaten Indikator modellieren.
- Die Erneuerbarkeit einer Ressource ist ein sehr gutes Kriterium, da dies das Konzept der Nachhaltigkeit über die Sicherstellung der Ressourcen für spätere Generationen ausdrückt. Ein Beispiel ist die Ersetzung von Druckfarbe auf Mineralölbasis durch Druckfarbe auf Pflanzenölbasis [vgl. 41, S. 12] – wobei dann zusätzlich sichergestellt sein muss, dass die genügend der benötigten Pflanzen nachwachsen.

- Für nicht erneuerbare Ressourcen zwingend nötig (aber auch für erneuerbare Ressourcen brauchbar) ist die Recyclebarkeit einer Ressource – also die Möglichkeit, einen Ressourcenkreislauf herzustellen, indem Abfälle als neue Ressource eingesetzt werden. Hiermit verbunden ist die Menge an Abfall, der nicht recyclebar ist – entsprechend kann dieser Indikator über ein Verhältnis zwischen recyclebarem Abfall und nicht recyclebarem Abfall dargestellt werden.
- Der Ressourcenverbrauch einer bestimmten materiellen Ressource in Kombination mit den genannten Indikatoren dient nun zur Konkretisierung des Inputs. So kann z.B. bei der Ressource ›Wasser‹ der Verbrauch an Frischwasser erfasst werden, aber auch die Möglichkeit, einen Kreislauf innerhalb einer Organisation herzustellen.
- Hierzu gehören noch die entsprechenden Output-Größen, also sowohl die gewünschten Produkte als auch die unerwünschten Erzeugnisse wie Abwasser, Lösemitteldämpfe und Kohlendioxid. Hier ist zu beachten, dass diese gegebenenfalls kompensiert werden müssen, sofern sie sich nicht anderweitig als Ressource dienen oder in der Natur genügend schnell abgebaut werden können. Abwasser kann z.B. ohne negative Konsequenzen nur in gering verunreinigtem Maße direkt von der Umwelt aufgenommen werden – aber der Mensch kann dieses auch durch eine Kläranlage vorreinigen und die natürliche Regenerationsfähigkeit so unterstützen. Kohlendioxid kann wiederum in Holz und Holzprodukten gespeichert werden, sodass hier eine zusätzliche Aufforstung sinnvoll sein kann.
- Speziell für Medien sollte noch die Frage angesprochen werden, inwiefern deren Inhalt auch von späteren Generationen im Sinne von Carlowitz' nachhaltender Nutzung verwendet werden kann.

Auf dieser Basis können nun Fragen formuliert werden, die zum Vergleich der Nachhaltigkeit der Medientypen dienen.

2.2 Der Energieverbrauch

Auf diesen Indikator hat das Nutzerverhalten einen großen Einfluss:

»Two readers who each read the same number of books per year, can have a very different per-book environmental impact if one buys a new E-reader every year while the other keeps his for four years before replacing it. Because of the impact that user behavior can have on the environmental impact of E-books, any analysis will either have to make assumptions about the behavior of a »typical« reader of E-books, or else identify a break-even point in terms of the number of books that must be read on an E-reader to offset the environmental impacts of a corresponding number of paper books. However even this can be confused by the fact that it is not clear that reading one E-book offsets one paper book. For example, the ability to instantly download any book at any time may encourage E-reader owners to read more books in which case each e-book read would not necessarily correspond to a printed book that would have been read. Additionally someone who buys a printed book and later lends it to a friend to read would in effect halve the environmental impact of reading that book.« [42, S. 3]

Damit keine Annahmen über einen Lebenszyklus der Produkte getroffen werden müssen, ist es sinnvoll, die Energie, die zum Lesen einer Publikation benötigt wird, von jener zu trennen, die für die Herstellung des entsprechenden Mediums aufgebracht werden muss. Bei gedruckten Medien kann dabei grundlegend gesagt werden, dass sie, nachdem sie einmal beim Leser angekommen sind, keine Energie mehr verbrauchen, während bei elektronischen Medien nicht nur die Herstellung, sondern jeder Lesevorgang von neuem Energie benötigt (deren Menge aber abhängig vom Lesegerät ist).

Um mit der Herstellung zu beginnen: Laut [43] braucht es 2 kWh, um die Seiten eines gedruckten Buches herzustellen, dagegen 100 kWh für einen eReader. Leider wird in genannter Quelle nicht angegeben, wie viele Seiten das Buch enthält und welches Format es hat – eine eigentlich wichtige Größe, da der Energieverbrauch mit zunehmender Seitenzahl und Blattgröße entsprechend steigt. Durch den Einsatz von Altpapier kann die benötigte Energiemenge aber auf 60 % gesenkt werden [41, S. 2].

Bei Computern (wozu hier auch Notebooks, Tablets und Smartphones gezählt werden, da sie die gleichen Bauteile besitzen), ist es schwieriger, Daten zu finden, denn:

»A life cycle analysis of high-tech products is extremely complex and can take many years, due to the large amount of parts, materials and processing techniques involved. In the meantime, products and processing technologies keep evolving, with the result that most life cycle analyses are simply outdated when they are published.« [44]

Allerdings kann man über den Aufwand zur Herstellung eines Mikrochips grob rechnen, wieviel Energie benötigt wird. Ein Quadratzentimeter Mikrochip verbraucht laut [44] bei seiner Herstellung 1,9 kWh. Nimmt man an, ein Tablet mit 10 Zoll Bilddiagonale und 16:9 Format hat unter seinem Bildschirm der Größe 22,2 cm x 12,5 cm nur Mikrochips, käme man auf 527,25 kWh, damit allein diese hergestellt werden können. Wahrscheinlich wird diese Zahl in Realität etwas geringer ausfallen, aber der Einfachheit halber (und unter der Annahme, dass die Herstellung des Bildschirms und des Gehäuses außer Acht gelassen wird) soll sie beibehalten werden.

Natürlich werden die Mikrochips immer effizienter – aber dies wird durch immer komplexere und aufwändigere Herstellungsprozesse erkaufte, sodass die zur Herstellung benötigte Energie im Endeffekt gleich bleibt [vgl. 44]. Auf dieser Basis kann auch die technische Weiterentwicklung der Lesegeräte außer Acht gelassen werden, zumindest, was deren Herstellung angeht.

Wird im Gegensatz dazu ein Buch gedruckt, benötigt die Druckmaschine hierzu ebenfalls Energie. Eine klassische Offset-Maschine (eine Heidelberg Speedmaster 105 mit 5 Farbwerken) verbraucht 1,02 Wh pro bedrucktem A4-Blatt – bzw. 2,04 Wh, wenn beidseitig gedruckt wird [vgl. 25, S. 64]. Für den Druck eines Buches im A5-Format mit 300 Seiten (also 150 beidseitig bedruckten Blättern) braucht es mit dieser Maschine also 306 Wh. Wird angenommen, dass dies auch das Format des zuvor genannten Buches ist, müssen also mehr als 43 Bücher auf dem eReader gelesen werden, damit dieser aus energetischer Sicht nachhaltiger ist als das gedruckte Buch (bzw. mehr als 66 Bücher, wenn diese aus Altpapier hergestellt wurden).

Allerdings wurde noch nicht untersucht, wie viele Bücher tatsächlich auf einem eReader gelesen werden, bevor dieser durch einen neuen ersetzt wird [vgl. 14]. Ein e-Reader wird nach [45] jedenfalls alle zwei Jahre neu gekauft. Beim Tablet müssten (bei den vereinfachten Annahmen) mindestens 228 gedruckte Bücher (bzw. 350 Bücher aus Altpapier) gelesen werden, bis es ersetzt wird, damit es nachhaltiger ist.

Dabei sollte aber nicht verschwiegen werden, dass ein Tablet auch für andere Dinge benutzt werden kann als zum Bücherlesen, entsprechend sollte dies anteilig der Nutzungszeit des Tablets angerechnet werden [vgl. 42, S. 3]. Allerdings wird die restliche Zeit mit den Tablets wohl für Anwendungen genutzt, die mehr Energie brauchen, z.B. das Streaming von Videos oder Musik.

Ebenfalls ist zu bedenken, dass dynamische Digitaldruck-Maschinen, die für einen Print-on-Demand-Prozess eingesetzt werden können, den Energieverbrauch der Offsetdruckmaschine sowohl über- als auch unterschreiten können, wie Bild 20 zeigt. Die Auswahl einer energiesparenden Druckmaschine kann die Nachhaltigkeit gedruckter Bücher daher entsprechend erhöhen.

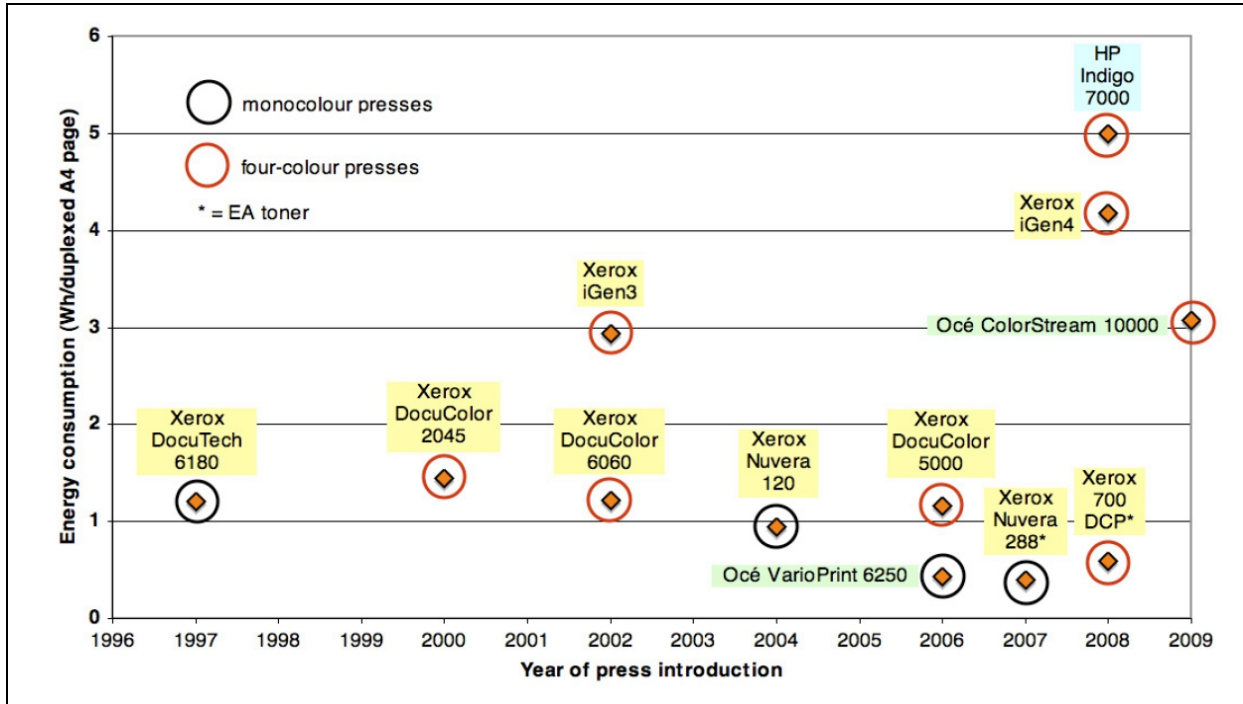


Bild 19: Energieverbrauch diverser Toner- und Inkjet-Maschinen [25, S. 66]

Das Lesen des Buches verbraucht schließlich Energie auf unterschiedliche Weise: Liest man nachts und schaltet dafür das Licht an, ist der Energieverbrauch durch das Licht höher als der, den man zum Aufladen des eReaders braucht [vgl. 43].

2.3 Die Erneuerbarkeit der Ressourcen

Die Erneuerbarkeit der Ressourcen ist bei gedruckten Medien grundlegend gegeben, da zumindest das Trägermedium aus Zellulose besteht, die in Form von Bäumen und Pflanzen nachwächst. Um hier sicherzustellen, dass kein Raubbau an den Ressourcen betrieben wird, existieren diverse Zertifizierungen für Holz und Papier. Die verschiedenen Label setzen allerdings unterschiedliche Prioritäten – doch diese wurden bereits in [46] ausgewertet, sodass es reicht, in Bild 20 die dortigen Funde darzustellen.

Kennzeichnungssystem Standard Kriterium	UZ Blauer Engel	UZ Öster- reich	FSC- Siegel	PEFC- Siegel	EU Eco- label	Nordic Ecolabel	BVT- Merkblatt
Ressourcenschonung	++	+	++	++	--	--	n. b.
nachhaltige Wald- und Forstwirtschaft	++	--	++	+	--	--	n. b.
Energie- und Wasserverbrauch	++	+	n. b.	n. b.	+	+	++
Chemikalieneinsatz	++	+	n. b.	n. b.	-	-	-
Gebrauchstauglichkeit	++	++	n. b.	n. b.	++	++	n. b.
Umweltmanage- mentsysteme	-	++	n. b.	n. b.	-	++	++
Standard: Audit, Transparenz, Revision	++	++	++	+	++	++	
Transport, regionale Stoffströme	+	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Ohne Gentechnik	n. b.	n. b.	+	+	n. b.	n. b.	n. b.
Zeichenerklärung: ++ vollständig erfüllt + überwiegend erfüllt - nur zu geringem Teil erfüllt -- nicht erfüllt n. b. nicht behandelt							

Bild 20: Erfüllung von Nachhaltigkeitskriterien für Papiere bei diversen Zertifizierungen [46, S. 17]

Was die Papiere selbst angeht, können auf <http://checkyourpaper.panda.org> Umweltprofile für die meisten Papiere abgerufen werden, in welchen verschiedene Kriterien zu einem Rating per Sternesystem einfließen: 40% stammen dabei vom Umgang mit der Ressource Holz, 30% von den Klimaauswirkungen des Papiers, 20% beziehen sich aufs Wasser und die letzten 10% stammen von den Umweltmanagementsystemen der jeweiligen Unternehmen [vgl. 47, S. 21].

Bei der Erneuerbarkeit der Druckfarbe sind wasserbasierte Farben im Vorteil, aber es können auch nicht-wasserbasierte Farben hergestellt werden, deren Lösemittel oder Öle auf nachwachsenden Rohstoffen basieren. Derartige Farben werden beim Offsetdruck schon zum Teil eingesetzt [vgl. 41, S. 12]; für Print-on-Demand-Prozesse wäre da die in [vgl. 33, S. 5] erwähnte Bio-Solvent-Tinte interessant.

Die Materialien von Computer, Tablet, Smartphone und eReader sind Metalle, Kunststoffe und Glas, die sich allesamt nicht von selbst regenerieren. Es existieren aber Kunststoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe wie Stärke, Polymilchsäure oder Bioethanol [vgl. 48, S. 2], deren Anwendbarkeit für elektronische Lesegeräte geprüft werden sollte.

2.4 Die Recyclebarkeit der Medien

Die Recyclebarkeit ist bei gedruckten Medien, wie bereits im Papierkreislauf dargestellt, zwar grundsätzlich gegeben, aber dafür müssen die nicht mehr benutzten Drucksachen auch dem Kreislauf zugeführt werden – denn wenn z.B. wie in den USA 80 % aller an den Kunden verkauften Magazine verbrannt oder deponiert werden [vgl. 49, S. 4], besteht großes Verbesserungspotenzial. Zudem erzeugt ein Buch, das deponiert wird, bei seinem Zerfall die doppelte Menge an Treibhausgasen wie bei seiner Herstellung und schädigt die örtlichen Wassersysteme ebenfalls doppelt so stark [vgl. 43]. Derartige Vergleiche, wie sich die Nachhaltigkeit durch Rückführung des gebrauchten Produkts in einen Kreislauf verbessert (oder ohne verschlechtert) sollten generell durchgeführt werden.

Was die elektronischen Geräte angeht, können die Materialien an sich recycled werden.

»However consumers should make sure they understand exactly what a manufacturer means when they say they will recycle a product. In some cases this simply means the item will be shipped to a developing country where in some cases children will dismantle the product removing only the most valuable components under unsafe working conditions. The rest of the ›recycled‹ product is then landfilled or incinerated sometimes exposing workers and the community to toxic materials.« [42, S. 5]

Da viele, wie bereits erwähnt, seltene Metalle in den Geräten verbaut sind, ist es sinnvoll, diese (wie Papier) in einem eigenen Sammelsystem zu erfassen, sodass diese Materialien zurück erhalten werden können. Eine andere Alternative ist der Verkauf nicht mehr funktionierender Reader über eBay oder ähnliche Plattformen, aus welchen dann Ersatzteile gewonnen werden [vgl. 50]. Diese Methodik könnte sogar noch erweitert werden, indem aus den Ersatzteilen neue Lesegeräte gebaut werden, welche als günstigere Versionen für die bis dahin leistungsfähiger gewordenen Neugeräte vermarktet werden. So kann ein Kreislauf erzeugt werden, ohne dass die einzelnen Materialien aus den Altgeräten aufwändig isoliert werden müssen – zumindest, solange die einzelnen Bauteile noch funktionieren.

2.5 Messgrößen für den Verbrauch an materiellen Ressourcen

Bei gedruckten Medien ist es relativ einfach, sinnvolle Größen für den Ressourcenverbrauch festzulegen, sodass sie bei einem Hersteller nachverfolgt werden können [vgl. 25, S. 54]. Ziel ist hier natürlich ein möglichst geringer Einsatz dieser Ressourcen, aber auch eine möglichst hohe Nachhaltigkeit, wie sie zuvor definiert wurde. Entsprechende Indikatoren sind:

- Die ›Menge an Papier‹ (z.B. in Tonnen).
- Die ›Menge an Druckfarbe‹ (z.B. in Litern)
- Falls noch andere Materialien für den Prozessablauf (wie Reinigungsmittel oder Kühlwasser) oder die Weiterverarbeitung (Heftklammern, Kleber o.dgl.) anfallen, sollten diese ebenfalls aufgezeichnet werden.

Bei den elektronischen Geräten ist dieser Sachverhalt komplexer. Die Nachhaltigkeit ist (schon aus sozialer Sicht) auf jeden Fall negativ, wenn die Materialien aus illegalen oder sozial schädlichen Quellen (z.B. Kriegsgebieten) stammen, wie sie in [45] geschildert werden. Mögliche Messgrößen sind hier nach [43, 44 & 45]:

- Die ›Menge an Glas‹ fürs Display (oder damit verbunden, Sand).
- Die ›Menge an Kunststoffen‹ für Platinen und Gehäuse (oder damit verbunden, die Menge an Mineralöl, das zu deren Erzeugung nötig ist).
- Die ›Menge an Silizium‹ für die Mikrochips (dies kann ggf. auch unter ›Sand‹ fallen).
- Die ›Menge an seltenen Erden‹, die für Touchscreens gebraucht werden (oder deren Quellmineralien, wie Columbit und Tantalit).
- Die ›Menge an Edelmetallen‹ für Anschlüsse und Kabel (ggf. aufgeteilt auf die einzelnen Metalle).
- Die ›Menge an Lithium‹ für die Akkus.
- Die ›Menge an anderen Metallen‹ (auch hier ggf. aufgeteilt nach z.B. Blei, Zinn und anderen).

Sowohl bei gedruckten Medien als auch den elektronischen Geräten kommt noch Wasser als Input-Größe hinzu – laut [43] beträgt dessen Menge 299 Liter für einen eReader und etwa 7,5 Liter für ein gedrucktes Buch. Unklar ist hierbei, ob diese Menge auch das virtuelle Wasser berücksichtigt wird, das auch bei der Erzeugung eines Produktes verschmutztes Wasser berücksichtigt [51, S. 14].

Das virtuelle Wasser sollte separat angegeben werden, damit auch eine mögliche Wiederaufbereitung (und damit die weitere Verwendbarkeit der Ressource Wasser) mit in Betracht gezogen werden kann. Jedenfalls werden laut [52, S. 16–17] bei der Herstellung von 1 kg Frischfaser-Papier 2000 Liter virtuelles Wasser verbraucht, von dem 60 % von den Bäumen bei deren Wachstum aufgenommen wurde, 38 % bei der Herstellung des Zellstoffs verschmutzt wurde und 1 % bei der Herstellung des Papiers selbst. Beim in [43] genannten Buch wird also wahrscheinlich nur der Wasserverbrauch in der Papierfabrik in die Berechnung eingeflossen sein.

Von [52, S. 17] soll sonst noch angegeben werden, dass der Verbrauch an virtuellem Wasser bei der Herstellung von 1 kg Recycling-Papier nur 20 Liter beträgt (1/100 jener Menge, die für Frischfaser-Papier benötigt wird) – und zur Herstellung eines Computers ganze 20000 Liter virtuelles Wasser nötig sind.

Auch fossile Energieträger sind als verbrauchte Ressource erwähnenswert, falls die in 2.2 genannte Energie aus diesen hergestellt wird.

2.6 Messgrößen für den Output und zusätzliche Aufwendungen

Bei den Output-Größen ist es generell sinnvoll, das Kohlendioxid anzugeben, dass beim Herstellungsprozess angefallen ist, sei es durch das Nachverbrennen sonst noch schädlicherer Lösemittel im Trockner bei der Herstellung von Drucksachen [vgl. 41, S. 12] oder durch den Aufwand Siliziumwafer für die elektronischen Lesegeräte herzustellen [vgl. 44].

Ansonsten sollten als Output-Größen die gleichen Indikatoren wie in Kapitel 2.5 verwendet werden, um darstellen zu können, wie effizient der Herstellungsprozess eines Mediums war und wie viel Abfall dabei erzeugt worden ist (der wiederum auf seine Recyclebarkeit zu prüfen ist).

Hierhin gehören auch zusätzliche Aufwendungen, die nicht direkt etwas mit der Herstellung des Produktes zu tun haben, wie die Menge an Treibstoff, die zum Transport eines Buches oder Readers verbraucht wurde, bzw. der äquivalente Kohlendioxid-Ausstoß. Dieser kann relativ schnell in die Höhe schnellen – so verursacht laut [43] eine 8 Kilometer lange Fahrt zum Buchladen und zurück, die zum Kauf eines Buches auf sich genommen wird, den zehnfachen Ressourcenverbrauch wie dessen eigentliche Herstellung.

Entsprechend sollten solche zusätzlichen Aufwendungen ebenso wie die Wirkungen eines nicht durchgeführten Recyclings generell separat dargestellt werden, da sonst das Ergebnis übermäßig stark verfälscht werden kann.

Mit diesem Hintergrund lassen sich auch Zahlen wie in [49, S. 6] erklären, wo der Carbon-Footprint eines Buches mit 7,46 kg im Vergleich zu dem eines Magazins mit 0,95 kg unrealistisch hoch zu sein scheint (selbst wenn dort die Kohlendioxid-Emissionen über den komplette Lebenszyklus berechnet wurden).

Solche zusätzlichen Faktoren können auch eine positive Wirkung haben. Zum Beispiel kann Kohlendioxid nicht nur in den Bäumen selbst oder in Holzprodukten wie Tischen und Stühlen gespeichert werden, sondern auch in Form eines Buches [vgl. 8, S. 107]. Die Aufbewahrung einer Sammlung von Büchern und Magazinen (z.B. in einer Bibliothek) ist der Nachhaltigkeit insofern auch zuträglich.

2.7 Die Dauerhaftigkeit des Inhalts

Eine Publikation besteht nicht nur aus dem Trägermedium (also dem Lesegerät bzw. dem bedruckten Papier), sondern auch aus den Inhalten. Entsprechend muss eine Bewertung der Nachhaltigkeit diese ebenso in Betracht ziehen. Hierbei soll Carlowitz' Begriff der nachhaltenden Nutzung herangezogen werden – die Frage lautet also: Inwiefern können die späteren Generationen die publizierten Inhalte noch nutzen?

Aus diesem Gesichtspunkt ist ein gedrucktes Buch im Vorteil: Es kann gelesen, aufbewahrt, verschenkt oder antiquarisch weiterverkauft werden, solange es existiert – und seien es Jahrhunderte. Nötig ist hierfür, dass die gedruckte Publikation auf Papier hergestellt worden ist, das Archivkriterien entspricht, und dass die Druckfarbe eine lange Zeit stabil bleibt. Letzteres kann z.B. mit einem künstlichen Belichter simuliert werden [vgl. 53]. Zur Alterungsbeständigkeit von Papieren existieren zwei Normen [vgl. 54, S. 2]:

- Die ISO 9706, die im Grunde für alle Papiere gibt, aus denen das Lignin entfernt wurde, das für die Vergilbung von Drucksachen beständig ist
- Die DIN 6738, bei denen Papiere bei 80 °C Temperatur und 65 % Luftfeuchte beschleunigt gealtert werden – wonach untersucht wird, wie sehr sich die Papiereigenschaften verschlechtern haben.

Beim eBook stellt sich die nachhaltige Nutzung schon schwieriger dar: Amazon als Etablierer der modernen eBook-Reader versucht mit einem proprietären Format seine Leser an die eigene Firma zu binden. Zwar gibt es konkurrierende Reader (oder Tablet-Apps), die die offenen Formate ePub oder PDF nutzen, aber hierbei gibt es je nach Komplexität der Quelldatei noch Darstellungsprobleme [vgl. 55]. Und gerade bei den e-Book-Formaten ist fraglich, ob sie auch in Zukunft gelesen werden können – immerhin ist dies bei einigen mit frühen Computern erstellten Medien (z.B. großen Disketten) jetzt schon kaum noch möglich [vgl. 56].

Die beiden momentan verwendeten Lösungen sind das ›Computermuseum‹ (es wird zu den alten Inhalten ein passendes Lesegerät mit aufbewahrt) oder die kontinuierliche ›Migration‹ auf neue Speichermedien und im Optimalfall in ein neues Format, dessen Standard offengelegt wurde (HTML, XML oder PDF) – denn selbst falls es einmal keine Lesesoftware geben sollte, kann dann im Fall des Falles auf Basis wieder eine solche programmiert werden [vgl. 56].

Einen Schritt in die letztere Richtung geht auch das W3C, das auf der Leipziger Buchmesse 2015 eine Initiative gestartet hat, ePub zum ›First Class Web Citizen‹ zu machen und das Format entsprechend weiterzuentwickeln [vgl. 57].

3 Der crossmediale Verlagsablauf in Kombination mit Print-on-Demand

Wie gezeigt lässt sich die Nachhaltigkeit einer Publikation vor allem am Nutzungsverhalten festmachen. Ein reines elektronisches Publizieren wäre nur dann nachhaltig, wenn die Nutzer ausschließlich Vielnutzer wären; ein reines gedrucktes Publizieren wäre nur einer Zielgruppe nachhaltig, die wenig liest. Entsprechend muss ein Verlag, der auf Nachhaltigkeit setzt, seine Publikationen für beide Nutzergruppen bereithalten.

Ein nachhaltiger Verlag benötigt aus diesem Grund ein Content-Management-System, in dem seine Publikationen elektronisch gespeichert sind, sodass aus ihnen ohne größeren Aufwand jede Publikationsform erstellt werden kann. Ein Roman sollte z.B. generell sowohl als eBook als auch als gedrucktes Buch (ggf. sogar gleichzeitig als Hardcover und Taschenbuch) verfügbar sein. Ähnliches gilt für Magazine und Zeitungen, wobei dort noch die Möglichkeit hinzukommt, dass sich der Leser seine Inhalte selbst über ein Web-Interface selbst zusammen stellt – oder dass der Verlag diese Auswahl anhand der Interessen des Nutzer vornimmt.

Das Interface kann auch erweiterte Optionen enthalten, z.B. eine Auswahlmöglichkeit zwischen Altpapier und Frischfaserpapier bei einer gedruckten Publikation oder zwischen PDF und ePub bei einer elektronischen Publikation.⁷

Ein Verlag kann hierzu entweder eine eigene Software entwickeln, wie es z.B. Kösel Media getan hat [vgl. 58, S. 20–21] oder den Anforderungen entsprechend auf bereits vorhandene Lösungen von diversen Anbietern zurückgreifen, darunter:

- *parsX* von Pagina mit dem ein Verlag seinen Workflow schnell auf eine XML-Basis stellen kann [vgl. 59].
- *DOT.Factory* von Reemers, eine Art Word-Plugin, mit dem aus Word XML-Dateien generiert werden können [vgl. 60].
- *transpect* von le-tex, ein modular aufgebautes Framework zum Konvertieren von Dokumenten zwischen verschiedenen Anwendungen (XML, InDesign, PDF, ePub, DocBook etc.) [vgl. 61].
- *jadis.flow* von zweitwerk, ein komplettes Workflow-Management-System für Verlage, mit dem auch Abläufe definiert, Aufgaben verteilt und Angebote bearbeitet werden können [vgl. 62].

An Auswahl derartiger Software herrscht kein Mangel – der Flaschenhals liegt einen Prozessschritt später.

Die Druckerei muss schließlich einen Print-on-Demand-Workflow aufbauen, der mit verschiedenen Papieren und Formaten sowohl im Druck als auch der Weiterverarbeitung zurecht kommt. Maschinen mit einem dynamischen Digitaldruckverfahren sind grundsätzlich dafür geeignet. Die Weiterverarbeitung muss aber ebenso dynamisch an das jeweilige Druckprodukt angepasst erfolgen – was mit klassischen Weiterverarbeitungsmaschinen nur schlecht geschehen kann, sofern man sich nicht auf einige wenige Standardformate beschränkt [vgl. 63]. Hier wird sich entsprechend ein Großteil der zukünftigen Investitionen und Entwicklungen abspielen. Die ersten flexiblen Weiterverarbeitungsmaschinen (z.B. von der Firma Hunkeler) sind bereits im Betrieb, kosten aber mit einem Startpreis von einer Viertelmillion Euro so viel wie die entsprechende Digitaldruck-Maschine [vgl. 27, S. 18].

Es wird dabei sinnvoll sein, dass beide Seiten gewisse Standards kommunizieren müssen, z.B. der Verlag die Formatgröße und die Art der Bindung und die Druckerei eine grundlegende Auswahl an Papier-, Druckfarben- und Weiterverarbeitungsoptionen. Da beim momentanen technischen Stand eh eine weiträumigere landesweite Suche nötig ist, um optimale Kombinationen zwischen Verlagen und Druckereien zu finden, kann der Verlag hiernach alle Druckereien, die den gewünschten Standards entsprechen, als Netzwerk nutzen und so einen dezentralen Druckprozess aufbauen, der die Nachhaltigkeit der gedruckten Produkte weiter steigert.

⁷ Proprietäre Formate sollten, da deren Lesbarkeit in Zukunft nicht sichergestellt ist, nur unter Vorbehalt zur Auswahl gestellt werden.

4 Der Einfluss von Druckfarben und Papieren aus einem Print-on-Demand-Prozess auf den Papierkreislauf

4.1 Schwierigkeiten bei der Wiederaufbereitung von digital bedrucktem Papier

Kommt man im Papierkreislauf zum Schritt der Wiederaufbereitung, zeigen sich bei einigen Druckprodukten Schwierigkeiten, die deren Nachhaltigkeit stark beeinträchtigen.

Zum Beispiel ist der Flüssigtonerdruck von *HP Indigos* »das erste Druckverfahren, dessen Produkte schon einmal einen größeren Schaden in einer Papierfabrik verursacht haben. Cewe Color, Europas größter Fotobuchhersteller, lieferte 2010 einen Container mit Verschnitt aus der Fotobuchproduktion bei Steinbeis Papier ab – und vernichtet dadurch fast eine ganze Tagesproduktion an Papier. Geschätzter Schaden: 150000€.« [64]

In diesem Fall betrug die Menge an *Indigo*-Drucken im gesamten Altpapier nur 3 %, aber bereits diese geringe Menge konnte das ganze übrige Altpapier verschmutzen [vgl. 65, S. 12].

Momentan werden aus diesem Grund *Indigo*-Drucke aussortiert und statt zu Recyclingpapier zu Wellpappe zu verarbeitet – ein Downcycling also [vgl. 64]. Eine solche Entscheidung kann aber langfristig nicht dazu dienen, den Papierkreislauf zu erhalten, denn verbreiten sich Print-on-Demand-Prozesse (was aus Gesichtspunkten der Ressourcenschonung sinnvoll ist), nimmt der Anteil der in einem dynamischen Digitaldruckverfahren hergestellten Druckprodukte im Altpapier immer weiter zu [vgl. 65, S. 12-13] – und dabei ist es wahrscheinlich, dass Flüssigtoner wegen der hohen Druckqualität und der bereits hohen Verbreitung früh eine tragende Rolle einnehmen.

Entsprechend ist auch ein komplexerer Aufbereitungsprozess wie in der Deinking-Anlage von Château-Thierry, der durch höheren Energieeintrag und mehrfache Aufbereitungsstufen auch noch 5 % *Indigo*-Drucke unproblematisch verarbeiten kann [vgl. 64], nicht übermäßig zukunftsfähig – diese Menge wird in Zukunft wahrscheinlich oft überschritten werden.

Eine mögliche Alternative ist, sofern die Bildqualität für die gewünschten Anwendungen ausreicht, ein Wechsel zu Trockentoner – allerdings verschiebt der Markt immer stärker hin zu Inkjets [vgl. 64]. Bei diesen können, wie im Grundlagenteil erwähnt, die Tinten sehr unterschiedlich zusammengesetzt sein – und entsprechend unterschiedliche Konsequenzen verursachen: Während laut [64] Festtinten bei der Aufbereitung des Altpapiers entfernbar sind, bleiben wasserbasierte Tinten im System und färben die Fasern des Papiers.

Um feststellen zu können, wo genau die Probleme mit den genannten Druckfarben entstehen, und entsprechend Lösungen anbieten zu können, ist es nötig, kurz die Verfahren darzustellen, die in einer Papierfabrik zum Herstellen von Recyclingpapier nötig sind.

4.2 Prinzipien der Altpapier-Aufbereitung in einer Papierfabrik

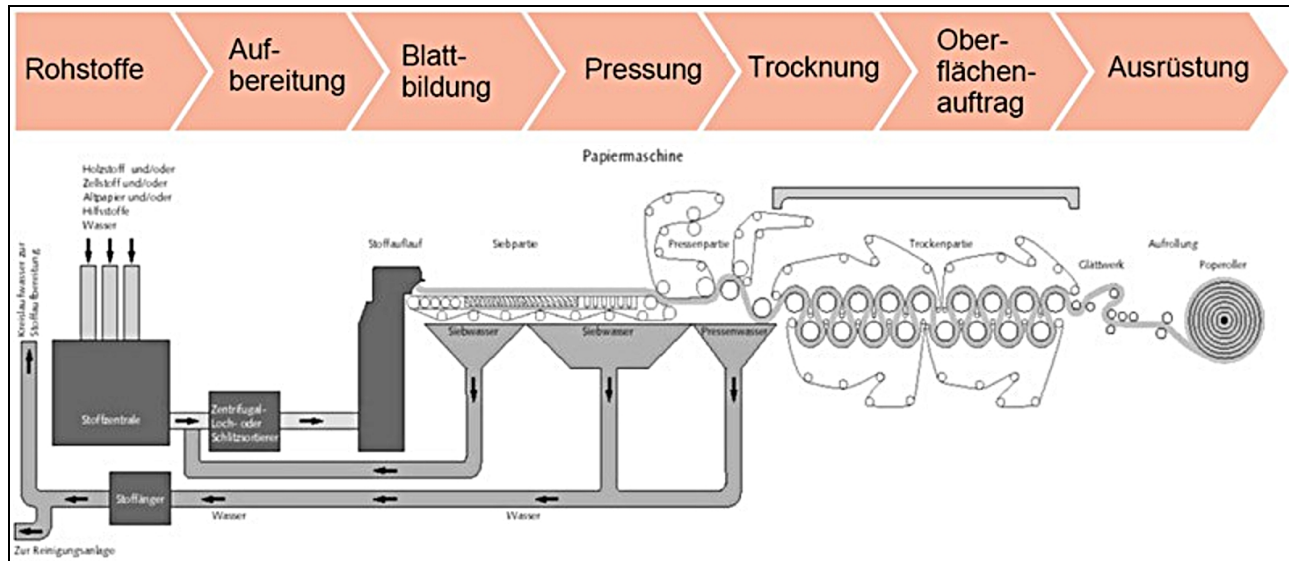


Bild 21: Übersicht über die Prozesse in einer Papierfabrik [66, S. 11]

In Bild 21 werden die Anlagen und Prozesse in einer Papierfabrik in einer Übersicht dargestellt. Hierbei sollte als erstes auffällig sein, dass das Wasser, das bei der Blattbildung durchs Sieb tropft, wieder aufgefangen und an den Anfang des Prozesses zurückgeleitet wird. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass keine Farbe vom Papier ins Wasser gerät, wenn als Ressource Altpapier eingesetzt wird – oder zumindest so wenig, dass man das Wasser nicht zu oft auszutauschen braucht.

Ansonsten steht als erster Schritt – unabhängig davon, ob nun Frischfasern oder Altpapier verwendet werden – die Suspendierung der Fasern an (in Bild 21 als »Stoffzentrale« bezeichnet). Dies geschieht im Regelfall durch einen Pulper – einem Gefäß mit Rotor, in das Wasser und die Rohstoffe gefüllt werden. Die Rotorbewegungen erzeugen Strömungen und Scherkräfte im Gemisch, durch welche einzelne Fasern aus dem Faserverbund herausgetrennt werden (siehe auch Bild 22) – bis am Ende eine Dispersion von Einzelfasern in Wasser vorliegt, der Pulp [vgl. 67, S. 4–5].

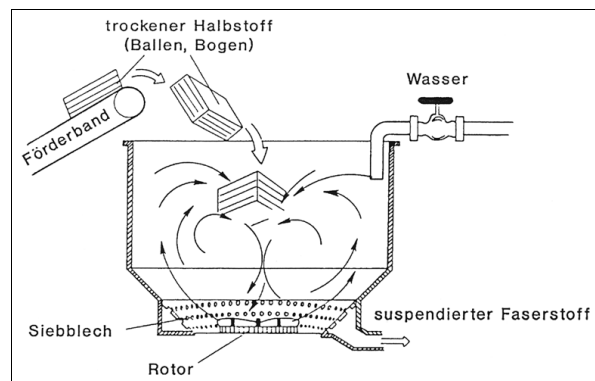


Bild 22: Funktionsweise eines Pulpers [67, S. 4]

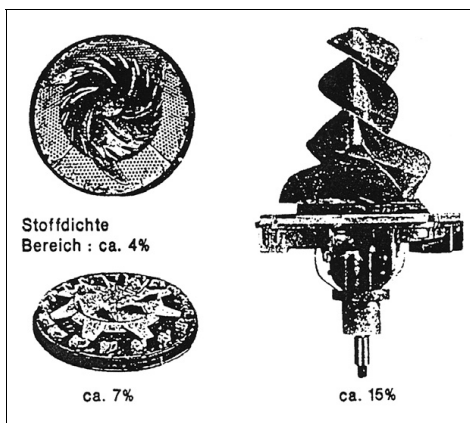


Bild 23: Bauweisen von Pulper-Rotoren abhängig von der Stoffdichte [68, S. 11]

In dieser sind Bleche angeordnet, an denen bei der Rotation der Trommel das Altpapier aufprallt – und somit schonender zerfasert wird als mit einem Pulper; zudem wird es in der Sortierzone, die aus einem umlaufenden Lochblech besteht, direkt von groben Verschmutzungen befreit [vgl. 68, S. 11–12].

Dient Altpapier als Rohstoff, wird der Pulper-Rotor konstruktiv verändert, wie Bild 23 zeigt – je nachdem, wie viel Papier aufzufasern ist und wie hoch die dadurch entstehende Stoffdichte ist. Am Boden des Pulpers können Lochbleche vorhanden sein, durch welche der fertig aufgelöste Pulp herausfließen kann, während große grobe Verunreinigungen zurückbleiben [vgl. 68, S. 3–10].

Ist das Altpapier leicht zerfasern, kann anstatt des Pulpers eine Auflösetrommel verwendet werden, wie sie in Bild 24 dargestellt ist.

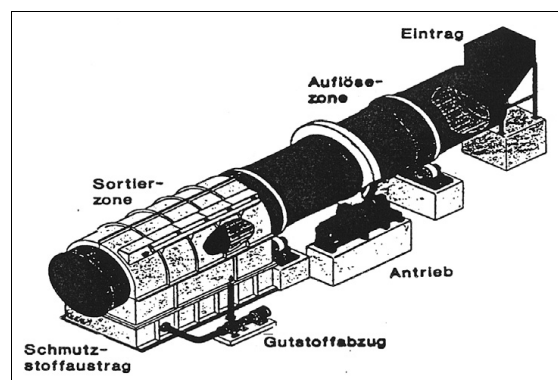


Bild 24: Bauweise einer Auflösetrommel für Altpapier [68, S. 11]

Diese Lochbleche (oder auch Schlitzbleche) können auch in Form eines separaten Sortierers angewandt werden, weswegen diese Begriffe auch in Bild 21 unter ›Aufbereitung‹ zu finden sind.

Dort ist weiterhin eine Zentrifuge erwähnt, die dazu dient, Schmutz abzusondern, der spezifisch leichter oder schwerer ist als die Fasersuspension. Hierzu wird der Pulp in einem länglichen Behälter (Bild 25) in schnelle Rotation versetzt, wobei schwerere Partikel (z.B. Sand) an den Rand der Zentrifuge geschleudert werden und dann nach unten herausfallen, während sich leichtere Partikel (z.B. Kunststoffreste) in der Mitte der Zentrifuge sammeln, sodass sie über ein schmales Rohr nach oben hin entfernt werden können [vgl. 68, S. 14–17]. Übrig bleibt der von Fremdpartikel gereinigte Pulp – der aber noch immer die Druckfarbenpartikel beinhaltet.

Entsprechend wird bei der Altpapieraufbereitung hiernach noch mindestens eine weitere Baugruppe eingefügt, durch welche die Druckfarbe entfernt werden kann (in Bild 21 würde diese sich zwischen den Sortieren und dem Stoffauflauf befinden). Hierbei können zwei verschiedene Arten von Prozessen verwendet werden, bei Bedarf auch hintereinander: Die Flotation und die Wäsche. Deren Wirkprinzipien sowie typische Maschinenbauarten sind in Bild 26 dargestellt:

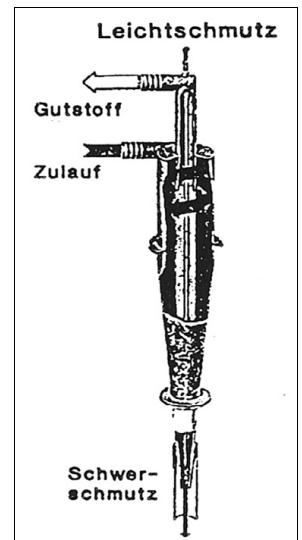


Bild 25: Schema eines Zentrifugalreinigers [68, S. 15]

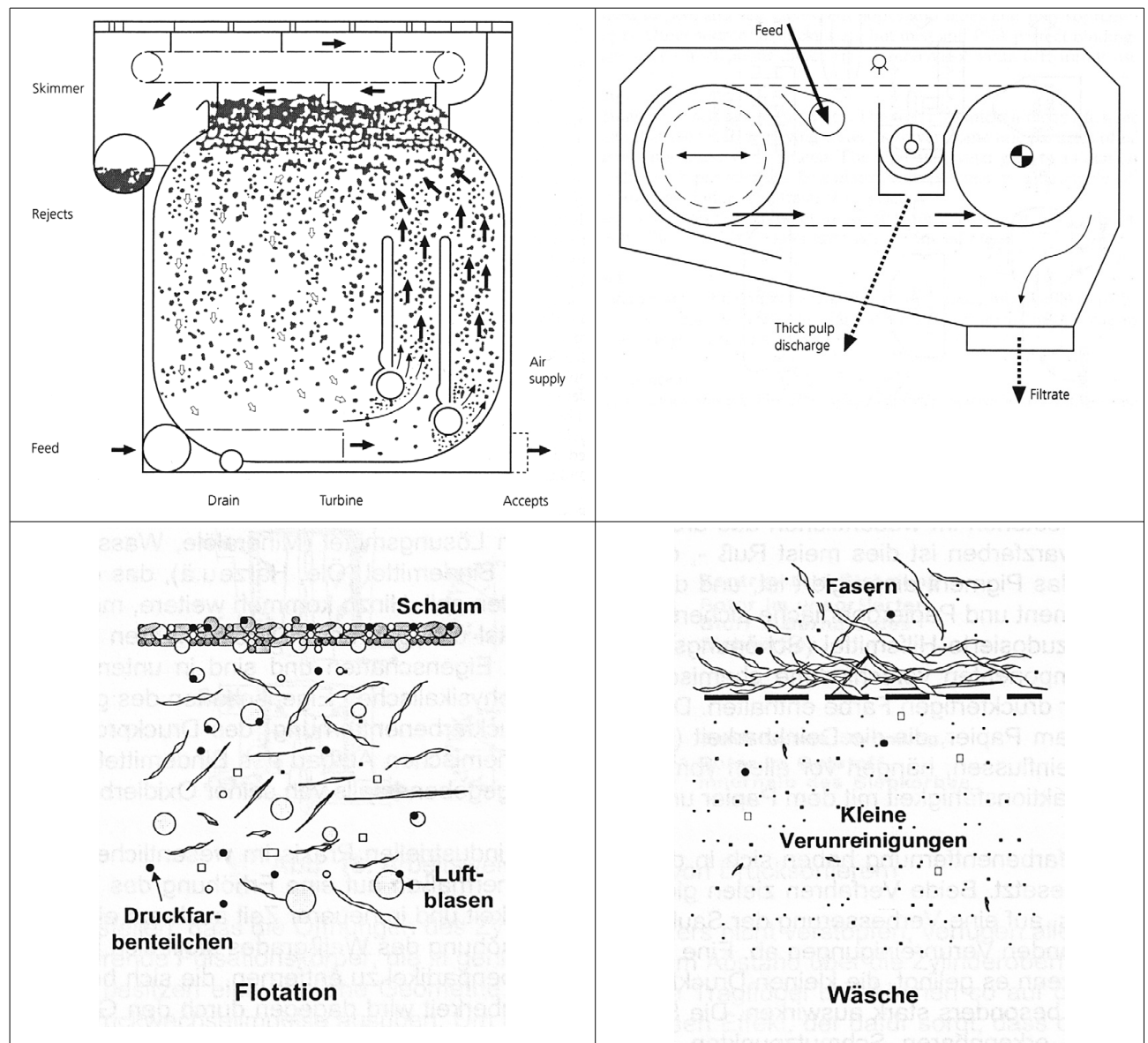


Bild 26: Maschinen und deren Wirkmethoden zur Farbentfernung aus dem Altpapier. Links: Flotation; rechts: Wäsche [nach 69, S. 236-237 & 68, S. 3-20]

Das Verfahren, das am einfachsten erklärbar ist, ist die Wäsche. In ein rotierendes Sieb wird stark verdünnter Papierbrei gefüllt (1–2 % Konzentration). Durch die Rotation wird alles Wasser und alle darin gelösten Stoffe durch die Siebmaschen nach außen gedrückt, während sich die Fasern am Ende an einer der Walzen sammeln, wo das Sieb aufgespannt ist – von dort können sie leicht abgerakelt werden [vgl. 69, S. 237]. Diese Methode ist sehr effektiv, um Partikel kleiner als 10 µm aus dem Papier zu entfernen, wie Füllstoffe oder auch Farbstoffmoleküle [vgl. 69, S. 237].

Das große Problem des Wasch-Deinkings ist aber der enorme Wasserverbrauch, der erstens hohe Kosten verursacht und zweitens die Reinigung dieser hohen Mengen an Wasser von Partikeln und Chemie erfordert, bevor sie in die Natur zurück gegeben werden können. Aus diesem Grund ist das Wasch-Deinking in einigen europäischen Ländern bereits verboten worden [vgl. 69, S. 237].

Stattdessen wird immer stärker aufs Flotations-Deinking gesetzt: Bei diesem Prozess wird von unten Luft in den Pulp geblasen. Sofern dieser Mittel zum Einstellen der Oberflächenspannung enthält (sprich: Seife), lagern sich die Farbteilchen an den Luftblasen an und werden mit diesen nach oben getragen. An der Oberfläche der Flotationszelle bildet sich nun ein Schaum aus Farbe und Seife, der einfach abgeschöpft werden kann [vgl. 69, S. 236–237].

Da die Luftblasen aber nur ein gewisses Gewicht nach oben tragen können, funktioniert die Flotation nur mit Partikeln, die zwischen 50 und 150 µm groß sind. Zudem müssen Strömungen und ähnliche Turbulenzen im Pulp vermieden werden, da sich sonst die Farbpartikel mit den Fasern mischen, anstatt sich an die Luftblasen anzulagern [vgl. 69, S. 237].

Beide Prozesse können auch mehrfach oder hintereinander geschaltet verwendet werden, falls besonders reine Papiere erzeugt werden sollen. Dann ist zwischen den Teilstufen meist ein Disperger geschaltet, mit dem größere Farbpartikel zerkleinert werden können, sodass sie entweder mit der nachfolgenden Flotation entfernt werden können oder überhaupt nicht mehr sichtbar sind [vgl. 69, S. 239].

Die Fasern sind nach diesen Schritten soweit gereinigt, dass aus ihnen wieder neues Papier hergestellt werden kann.

4.3 Simulation und Bewertung der Flotations-Deinkbarkeit mit Hilfe der INGEDE-Methode 11 und der ERPC Deinkability Scorecard

Da es aus Kosten- und Ressourcensicht schwierig ist, Versuche zur Wiederaufbereitung sofort im Fabrikmaßstab durchzuführen, wurde von der Internationalen Forschungsgemeinschaft Deinking-Technik (INGEDE) die Methode 11 [70] entwickelt, welche die wichtigsten Prozessschritte simuliert, die in jeder Recyclingpapierfabrik vorkommen und welche die größte Effektivität haben: Pulpen und Flotation [vgl. 71, Folie 5]. Aus diesem Grund wird die INGEDE-Methode 11 auch in verschiedenen Quellen referenziert, in denen es um die Nachhaltigkeit von Druckprodukten geht, z. B. [46, S. 27].

Aus dem gleichen Grund soll die INGEDE-Methode 11 in dieser Arbeit angewandt werden, um die Deinkbarkeit von Digitaldrucken zu untersuchen. Die einzelnen Schritte, die im Labor durchgeführt werden, sind in der neuesten Version von 2012 [70] die folgenden:

- Alle Komponenten, die nicht aus bedrucktem Papier bestehen (z.B. Klammern oder Kleber) werden entfernt [vgl. 70, S. 5].
- Das Druckprodukt wird gealtert, indem es 72 Stunden lang bei 60 °C im Trockenofen gelagert wird – dies entspricht einer Alterung von 3-6 Monaten und wird auch deswegen durchgeführt, da hierdurch die Deinkbarkeit negativ beeinflusst werden kann [vgl. 70, S. 5]. Beispielsweise härten oxidativ trocknende Offset-Farben bei der Alterung nach und sind danach schlechter deinkbar [vgl. 72, S. 3].
- 200 g der ofentrockenen Drucksache⁸ werden in kleine Stücke gerissen, in einen Pulper des Typs *Hobart N 50* gegeben und mit der Deinking-Chemie aufgefüllt. Diese besteht aus 1,2 g Natriumhydroxid, 1,8 Ölsäure und 3,6 g Natriumsilikat in 1233 ml hartem Wasser⁹, das eine Temperatur von rund 45 °C haben sollte; die Toleranz der Chemikalien beträgt relativ ± 1 % [vgl. 70, S. 3–6].
- Der Pulper wird nun einige Sekunden lang auf langsamster Stufe betrieben; danach werden alle an der Behälterwand befindlichen Papierstücke manuell in die Chemie hinab gedrückt und 100 ml deionisiertes Wasser, in dem 0,7 % Wasserstoffperoxid gelöst wurden, hinzugegeben – auch hier mit ± 1 % Toleranz [vgl. 70, S. 6].
- Der Pulper wird nun mit einem Deckel bedeckt, um Temperatur- und Flüssigkeitsverluste durch Spritzen zu vermeiden und 20 Minuten lang im 2. Gang laufen gelassen. Hierdurch wird das Papier zu einem Pulp mit einer Stoffdichte von 15 % aufgefasernt. [vgl. 70, S. 6]
- Danach wird etwas Pulp ausgepresst und der pH-Wert der gewonnenen Flüssigkeit gemessen. Dieser muss $9,5 \pm 0,5$ betragen. Wenn nicht, ist die Probe zu entsorgen und der bisher genannt Prozess mit einer angepassten Deinking-Chemie¹⁰ zu wiederholen – dann darf der pH-Wertes aber nur noch um $\pm 0,2$ schwanken. [vgl. 70, S. 7]
- Der Pulp wird nun mit 45 °C warmem hartem Wasser auf eine Stoffdichte von 5 % aufgefüllt und 60 Minuten lang bei dieser Temperatur gelagert. Vor und nach der Lagerung ist der pH-Wert zu messen. [vgl. 70, S. 8]
- Der Pulp wird nun mit 45 °C warmem hartem Wasser auf eine Stoffdichte von 1 % verdünnt (bzw. auf jene Stoffdichte, bei der die Flotation betrieben wird) und wieder der pH-Wert gemessen. Dieser muss nun höher sein als 7,5 – ansonsten ist die Untersuchung wiederum abubrechen mit einem neuen Sample und einer angepassten Menge an Natriumhydroxid zu wiederholen. Eine Flotationszelle wird nun mit der entsprechenden Menge Pulp gefüllt; der Rest wird als ›UP‹ (für ›undeinkter Pulp‹) aufgehoben. [vgl. 70, S. 8]

⁸ Normalerweise wird hierzu erst der Feuchtegehalt von 50 g der Drucksache bestimmt und anhand dessen das nötige Feuchtgewicht der Drucksache berechnet, welches schließlich abgewogen wird [vgl. 70, S. 5].

⁹ Es darf laut [70, S. 5] auch Leitungswasser genutzt werden, w dessen Härte angegeben wird – ansonsten ist deionisiertes Wasser zu verwenden, dem soviel Calciumchlorid hinzu gefügt wurde, dass es pro Liter 128 mg Calciumionen enthält.

¹⁰ Bei zu geringem pH-Wert heißt dies, die Menge an Natriumhydroxid zu erhöhen; bei einem zu hohen pH-Wert werden Natriumhydroxid als auch Natriumsilikat in gleichem Anteil reduziert, wobei die Mindestkonzentration an Natriumhydroxid 0,2 % sein muss [vgl. 70, S. 7]. Eine solche ›Minimallösung‹ enthält also 0,4 g Natriumhydroxid und 1,2 g Natriumsilikat pro Deinking-Versuch.

- Nun wird die Flotation durchgeführt. Für zwei Bautypen von Flotationszellen werden die entsprechenden Parameter in [70, S. 9] wie folgt gegeben:
 - Für die *PTS Flotationszelle*: Stoffdichte 0,8 %, Temperatur rund 45 °C, Flotationszeit 10 min, Luftzufuhr 60 l/h, Rührergeschwindigkeit 1200 Umdrehungen/min; der entstehende Schaum wird mit einem Kratzer manuell aus der Flotationszelle entfernt.
 - Für die *Voith Delta 25*: Stoffdichte 0,8 %, Temperatur rund 45 °C, Flotationszeit 12 min, Luftzufuhr rund 7 l/min.
 - Bei beiden Flotationszellen wird während der Flotation Wasser nachgefüllt, sodass sichergestellt ist, dass der entstehende Schaum durch Überlaufen entfernt wird.
 - Für andere Flotationszellen wird nur angegeben, dass sie bis zur Hyperflotation laufen sollen. Diese sollten also mit den entsprechenden Parametern bei der Auswertung angegeben werden.
- Es wird nun die Menge an entstandenem Schaum gewogen und dessen Stoffdichte nach ISO 4119 bestimmt. Zudem werden vom undeinkten Pulp zwei Nutschenblätter und vom deinkten Pulp (kurz »DP«) zwei Nutschenblätter plus zwei Laborblätter nach INGEDE-Methode 1 hergestellt. Schließlich werden mit dem Filtrat des DP zwei Membranfilter hergestellt [vgl. 70, S. 9 & 11].
- Nach der INGEDE-Methode 1 [73, S. 2] müssen dazu zuerst die Stoffdichten von UP und DP nach ISO 4119 festgestellt werden – also auf die gleiche Weise wie beim Schaum. Laut letztgenannter Norm [74] geschieht das vereinfacht beschrieben wie folgt:
 - Vom jeweiligen Pulp bzw. Schaum werden 500 g mit einer Kelle abgenommen – die genau abgenommene Menge ist aufzuzeichnen [vgl. 74, S. 2–3].
 - Ein rundes Filterpapier wird bis zur Massekonstanz getrocknet (normalerweise im Trockenofen bei 105 ± 2 °C), dann ausgewogen und das Gewicht mit 2 Kommastellen notiert [vgl. 74, S. 3].
 - Dieses Papier wird nun in einen passenden Büchner-Trichter¹¹ gelegt, befeuchtet, und der Pulp bzw. Schaum darauf filtriert [vgl. 74, S. 3].
 - Das Filterpapier wird danach mit allen Feststoffen, die sich darauf und an der Wand des Trichters befinden, entnommen und (wie zuvor das Papier selbst) bis zur Massekonstanz getrocknet [vgl. 74, S. 3].
 - Beides zusammen wird nun gewogen und die Gesamtmasse notiert. Zieht man hiervon die zuvor festgehaltene Masse des Filterpapiers ab und setzt das Ergebnis ins Verhältnis zum Entnahmegewicht des Pulps bzw. des Schaums, erhält man die Stoffdichte. Diese soll in Prozent mit 2 Kommastellen angegeben werden [vgl. 74, S. 3].
 - Pro untersuchtem Material ist dieser Ablauf zweimal durchzuführen [vgl. 74, S. 2]. Für die weiteren Berechnungen wird also der jeweilige Mittelwert verwendet.
- Anhand der Stoffdichten wird nun berechnet, wie viel UP und DP jeweils entnommen werden muss, um bei einem bestimmten Büchner-Trichter ein Nutschenblatt mit einer Grammatur von 225 g/m² zu erhalten¹² [vgl. 73, S. 3].
- Diese Menge wird nach ihrer Entnahme auf eine Stoffdichte von 0,4 % verdünnt und schließlich mit einem Filterpapier des Typs *Munktell 1289*, dessen Durchmessers zum verwendeten Trichter passt, filtriert [vgl. 73, S. 3].
- Hiernach wird das entstandene Nutschenblatt entnommen, zwischen zwei neue Filterblätter gelegt und in einem Rapid-Köthen-Trockner¹³ 10 Minuten lang getrocknet – so erhält man eines der benötigten Nutschenblätter [vgl. 73, S. 3].

¹¹ Ein solcher Trichter besteht aus Porzellan und hat einen abgeflachten Boden, in dem Löcher eingebracht wurden.

¹² Bei einem maximalen Trichterdurchmesser von 160 mm entspricht dies z.B. 4,0 g trockenem Pulp [vgl. 73, S. 3].

¹³ In diesem Trockner werden die Papiere zwischen zwei geheizten Sieben getrocknet, hinter welche über eine Vakuumpumpe ein Unterdruck angelegt wurde. Durch diesen wird das Wasser aus dem Papier gesaugt. Details zu den Drücken sind in der ISO 5269-2 [75] zu finden.

- Zum Herstellen eines der benötigten Membranfilter werden vom Filtrat des DP 100 ml abgenommen und in einer Vakuumfiltrationseinheit filtriert, die einem unteren Durchmesser von 39 mm besitzt. Als Filter wird ein Zellulosenitratfilter des Typs *Satorius 11306-050N* (50 mm Durchmesser und 0,45 µm Porengröße) verwendet [vgl. 73, S. 2–4].
- Das Endfiltrat, dass aus diesem Schritt entsteht, muss eine klare, farblose Flüssigkeit sein [vgl. 73, S. 4]. Ist dies nicht der Fall, sind 100 ml Filtrat mit 5 ml Retentionsmittel-Lösung der Konzentration 1 g/l zu mischen (z.B. Alaun oder CPAM in Leitungswasser). Mit dieser Mischung ist ein neuer Membranfilter herzustellen. Ist das entstehende Filtrat noch immer nicht klar und farblos, ist der Versuch mit einer entsprechend höheren Menge an Retentionsmittel zu wiederholen [vgl. 73, S. 2–5].
- Die Menge an DP, die zur Herstellung der Laborblätter nötig ist, wird wie bei den Nutschenblättern über die Stoffdichte berechnet – allerdings ist die Zielgrammatur hier $42,6 \pm 1,6 \text{ g/m}^2$. [vgl. 73, S. 4]. Beim gegebenen Rapid-Köthen-Blattbildner, der nach [75, S. 6–10] runde Blätter mit einem Durchmesser von $200 \pm 5 \text{ mm}$ erzeugt, bedeutet dies ein Trockengewicht von $1,35 \pm 0,05 \text{ g}$ [vgl. 73, S. 4].
- Nach Entnahme des entsprechenden Gewichts wird das Laborblatt auf die gängige Weise mit Frischwasser hergestellt¹⁴ und 7 Minuten im zugehörigen Trockner getrocknet [vgl. 73, S. 4].
- Die zur Bestimmung der Stoffdichten hergestellten Nutschenblätter werden nun nach der ISO 1762 verascht [vgl. 70, S. 10], d.h. drei Stunden lang in einem Muffelofen bei $525 \pm 25 \text{ °C}$ [76, S. 2].
- Um die Farbe der Nutschenblätter und der Membranfilter sowie die Menge der Schmutzpunkte zu bestimmen, wird auf die INGEDE-Methode 2 verwiesen [vgl. 70, S. 10]. In dieser steht folgendes:
- Die Farbmessungen gesehen mit einem Reflektometer unter der Lichtart C/2° bei aktiviertem UV-Kantenfilter (420 nm) [vgl. 77, S. 3]. Unter diesen Einstellungen müssen nach [70, S. 10 & 77, S. 3–6] folgende Werte gemessen werden:
 - Die $L^*a^*b^*$ -Farbwerte¹⁵ des deinkten Pulp (je auf Vorder- und Rückseite).
 - Der Hellbezugswert Y^{16} des deinkten Pulp (je auf Vorder- und Rückseite).
 - Der Hellbezugswert Y des Membranfilters.
 - Der Hellbezugswert Y eines mit normalem Leitungswasser erzeugten Membranfilters.
 - Der Reflexionsfaktor R_∞ bei einer Wellenlänge von 700 nm oder 950 nm¹⁷ für sowohl den undeinkten als auch den deinkten Pulp (und bei beiden jeweils auf Vorder- und Rückseite).
- Um später Schmutzpunktmessungen durchzuführen, wird ein Laborblatt auf einem definierten Scanner¹⁸ bei 8-bit-Graustufen und 600 dpi eingescannt – wobei Vorder- und Rückseite separat zu scannen sind [vgl. 77, S. 2 & 7].

14 Es wird hier ebenfalls nach der ISO 5269-2 [75] vorgegangen. In dieser ist folgender Ablauf beschrieben: Auf das Stützsieb des Blattbildners wird das gesäuberte Blattbildungssieb gelegt und die Füllkammer (ein abnehmbarer Plexiglas-Zylinder) darüber geschlossen. Die Füllkammer wird mit 7 Litern frischem Leitungswasser gefüllt, wonach der zu untersuchende Pulp zugegeben wird. Diese Suspension wird nun 5 Sekunden lang mit Luft durchwirbelt und dann durch das Blattbildungssieb abgesaugt. Nachdem auf diesem bleiben die Fasern liegen geblieben sind, lässt man den Blattbildner noch 10 Sekunden weiter saugen und öffnet danach die Füllkammer. Es wird nun ein Abgautschkarton auf das entstandene Blatt gelegt und mit einer Gautschrolle gesamt 4 Mal (hin, zurück, in rechtem Winkel dazu hin, wieder zurück) über das abgedeckte Blatt gerollt. Nun wird das Blattbildungssieb mit dem Papier darauf entnommen und letzteres auf einer weichen Unterlage abgeschlagen. Auf den Karton, auf welchem sich nun die Fasern befinden, wird ein Abdeckblatt gelegt.

15 Dies sind die Farbwerte des CIEL $^*a^*b^*$ 1976-Farbraums, wie er in der ISO 11664-4 [78] festgelegt ist.

16 Laut DIN 53140 [79, S. 2] entspricht dieser Wert dem Normfarbwert Y des klassischen XYZ-Farbraumes.

17 Es ist ausreichend, eine der beiden Wellenlängen zu verwenden. Bei 700 nm erhält man am Ende die klassische ›Ink Elimination‹, bei 950 nm den ERIC-Wert [vgl. 77, S. 6].

18 Die Auflösung beträgt über 2000 dpi, die Farbtiefe 48 Bit, die optische Dichte mindestens 4,0, Grauwerte sind mit einer Genauigkeit von ± 1 reproduzierbar, und Farbwerte sind pro Kanal mit einer Genauigkeit von ± 5 reproduzierbar [vgl. 77, S. 2].

- Schließlich können folgende auf [70, S. 10–11] gegebenen Messgrößen berechnet bzw. gemessen werden:
 - Die *Masse des entstandenen Schaums*.
 - Die *Stoffdichte des entstandenen Schaums*.
 - Die *Ausbeute (gesamt)* wird nach folgender Gleichung berechnet [70, S. 10]:

$$Yield = \frac{(c_{UP} \cdot m_{UP}) - (c_{froth} \cdot m_{froth})}{(c_{UP} \cdot m_{UP})} \cdot 100\%$$

Where:

c_{UP} in g/kg	stock consistency of undeinked pulp
m_{UP} in kg	feed amount flotation, undeinked pulp
c_{froth} in g/kg	stock consistency of overflow
m_{froth} in kg	overflow mass

- Die *Faserausbeute* wird über die Aschegehalte nach folgender Gleichung berechnet [70, S. 10]:

$$Fibre Yield = Yield \cdot \frac{(1 - Ash_{DP})}{(1 - Ash_{UP})}$$

Where:

Ash_{DP}	Ash content of deinked pulp in decimal
Ash_{UP}	Ash content of undeinked pulp in decimal

- Die *Ink Elimination* wird nach folgender Gleichung berechnet [77, S. 6]:

$$IE = \frac{\left(\frac{(1 - R_{e,UP})^2}{R_{e,UP}} \right) - \left(\frac{(1 - R_{e,DP})^2}{R_{e,DP}} \right)}{\left(\frac{(1 - R_{e,UP})^2}{R_{e,UP}} \right) - \left(\frac{(1 - R_{e,unpr})^2}{R_{e,unpr}} \right)} \cdot 100$$

where:

$R_{e,UP}$ = reflectance factor R_e of undeinked sample

$R_{e,DP}$ = reflectance factor R_e of deinked sample

$R_{e,unpr}$ = reflectance factor R_e of unprinted sample

Falls keine unbedruckten Samples verfügbar sind, wird der entsprechende Reflexionswert auf 1 gesetzt, sodass der enthaltende Term 0 wird [vgl. 77, S. 6].

- Der *Flächenanteil der Schmutzpunkte*: Hierfür werden die gescannten Bilder mit einer Bildanalysesoftware nach den in [77, S. 11] gegebenen Schwellenwerten und Größenbereichen der Schmutzpunkte¹⁹ ausgewertet. Im Bericht wird schließlich der Flächenanteil von Schmutzpunkten größer als 250 µm (A_{250}) und Schmutzpunkten größer als 50 µm (A_{50}) angegeben. Die Einheit hierzu ist mm²/m² – was auch als ppm ausgedrückt werden könnte.
- Die L^*a^*b -Werte des deinkten Pulps aus den Farbmessungen.
- Der Hellbezugswert Y des deinkten Pulps aus den Farbmessungen.
- Die Filtratverdunklung ΔY : Diese ist die Differenz zwischen den Hellbezugswerten Y eines mit Leitungswasser hergestellten Membranfilters²⁰ und des mit dem DP-Filtrat hergestellten Membranfilters.

Da die Signifikanz dieser Werte für den technisch weniger versierten Menschen (z.B. einen Verleger, der nachhaltige Publikationen erstellen will) relativ schwer einzuschätzen ist, hat das ERPC diese in ein Punktesystem überführt und somit die Deinkability Scorecard geschaffen [80]. Mit dieser kann die Flotations-Deinkbarkeit verschiedener Drucksachen relativ leicht miteinander verglichen werden.

Nach [80, S. 2–6] werden für einige jener Werte, die nach der INGEDE-Methode 11 berichtet wurden, Mindest- und Zielwerte festgelegt und entsprechend der Ergebnisse Punkte vergeben. Dabei gibt es 0 Punkte, wenn ein Sample den Mindestwert gerade so erreicht hat, und die jeweils maximale Punktzahl, wenn der Zielwert erreicht oder überschritten wurde. Für Werte dazwischen werden die Punkte anteilig vergeben. Auf dieser Basis können auch negative Punktzahlen erreicht werden, falls der Mindestwert unterschritten wurde.

¹⁹ Die entsprechenden Bereiche sind 50–100 µm, 100–150 µm, 150–200 µm, 200–250 µm, 250–500 µm sowie alle noch größeren Schmutzpunkte [vgl. 77, S. 11].

²⁰ Theoretisch ist dieses Y=100, falls das Wasser nicht verunreinigt ist.

Hierbei werden folgende Kriterien als relevant erachtet, weswegen sie mit ihren Mindest- und Zielwerten sowie der erreichbaren Punktzahl beschrieben werden sollen:

- Der Hellbezugswert Y muss mindestens 47 betragen. Dieser untere Schwellwert wird aber auf 67 erhöht, falls die Drucksache ein »Low Ink Coverage Product« war²¹ und das jeweilige Papier eine Helligkeit²² von über 75 hatte. Der Zielwert von Y variiert ebenfalls abhängig vom deinkten Produkt: Eine Zeitung muss mindestens 60 erreichen, ein Magazin auf ungestrichenem Papier mindestens 65, ein Magazin auf gestrichenem Papier mindestens 75, ein Low Ink Coverage Product auf dunklerem Papier (Helligkeit bis 75) mindestens 70 und ein Low Ink Coverage Product auf hellerem Papier mindestens 80. Wird dieser Zielwert erreicht oder überschritten, wird für Y die maximal erreichbare Zahl von 35 Punkten vergeben; wird nur der Minimalwert erreicht, werden 0 Punkte erzielt. Werte dazwischen erreichen eine anteilig berechnete Punktzahl.
- Beim a*-Wert, der die Grünstichigkeit (bei negativem Wert) oder Rotstichigkeit (bei positivem Wert) angibt [vgl. 81, S. 13], variieren die akzeptablen Bereiche nach der Farbe. Ein negativer a*-Wert darf nicht unter -3 liegen und bekommt die maximalen Punkte, wenn er zwischen -2 und 0 liegt. Bei einem positiven a*-Wert darf der Farbwert +2 nicht überschreiten und muss sich zum Erreichen aller Punkte zwischen +1 und 0 befinden. Die maximal erreichbaren Punkte betragen in beiden Fällen 20.
- Der Flächenanteil A₅₀ an Schmutzpunkten größer 50 µm darf 2000 mm²/m² nicht überschreiten, für eine maximale Punktzahl muss er 600 mm²/m² oder kleiner sein. Erreichbar sind dann 15 Punkte.
- Beim Flächenanteil A₂₅₀ an Schmutzpunkten größer 250 µm sind die Werte strenger gefasst. So dürfen 600 mm²/m² nicht überschritten werden, für die maximale Punktzahl müssen 180 mm²/m² oder kleiner erreicht werden. Bei diesem Parameter können nur maximal 10 Punkte erreicht werden – was überraschend ist, wenn man bedenkt, dass größere Schmutzpunkte leichter auffallen und entsprechend stärker stören.
- Die Ink Elimination muss mindestens 40 % betragen. Der Schwellwert zum Erreichen der maximalen Punktzahl – 10 Punkte – ist hier wiederum abhängig vom recycelten Druckprodukt. Er beträgt normalerweise 70 %; für Magazine auf gestrichenem Papier und Low Ink Coverage Products auf hellem Basispapier wurde er aber auf 75 % angehoben.
- Die Filtratverdunklung ΔY darf den Wert 18 nicht überschreiten. Die volle Punktzahl von 10 Punkten wird vergeben, wenn sie bei 6 oder kleiner liegt.

Die jeweils erreichten Punktwerte werden nun aufsummiert und entsprechend mit einem Rating und einer Farbe versehen [vgl. 80, S. 6]:

- 71 – 100 Punkte: Gute Deinkbarkeit (grün).
- 51 – 70 Punkte: Mittelmäßige Deinkbarkeit (gelb).
- 0 – 50 Punkte: Schlechte Deinkbarkeit (orange).
- Negative Punktzahl durch Verfehlen eines Mindestwertes: nicht deinkbar, aber möglicherweise auf andere Weise recyclebar (rot).

Was hierbei nicht vergessen werden sollte, ist, dass die im Rating beschriebene »Deinkbarkeit« auf Ergebnissen der INGEDE-Methode 11 basiert [vgl. 80, S. 1], die bekanntlich nur ein einfaches Flotationsverfahren abdeckt.

Schließlich wird bemerkt, dass die Faserausbeute mindestens 65 % betragen sollte [vgl. 80, S. 2] – dieser Wert geht aber nicht in die Scorecard mit ein. Stattdessen wird vorgeschlagen, den Deinking-Versuch mit geringerer Flotationsdauer zu wiederholen.

21 Um festzustellen, ob dieser Terminus auf eine Drucksache zutrifft, wird diese mit 24 Bit und 600 dpi gescannt und danach per Bildanalysesoftware der Mediangrauwert des Scans ermittelt, indem das arithmetische Mittel aus dem Median der einzelnen Prozessfarben gebildet wird. Liegt das Ergebnis bei über 200, wird der Druck als »Low Ink Coverage Product« eingeordnet [vgl. 80, S. 4].

22 Diese entspricht dem Reflexionsfaktor R_∞ bei einer Wellenlänge von 457 nm, wobei der UV-Anteil bei der Messung herausgefiltert wurde [vgl. 80, S. 3].

4.4 Untersuchung der Flotations-Deinkbarkeit diverser Kombinationen von Digitaldruckfarben und Papier

4.4.1 Das Problem der fehlenden Entscheidungshilfen

Wie schon in [64] grundsätzlich angedeutet wurde, ist die Deinkbarkeit der in einem dynamischen Digitaldruckverfahren hergestellten Druckprodukte nicht pauschal benennbar, sondern hängt von der jeweiligen Druckfarbe (Tinte oder Toner) ab. Dennoch ist es nicht übermäßig sinnvoll, die Deinkbarkeit auf die Druckfarbe allein zu beziehen, wie es z.B. in [46, S. 27] der Fall ist, denn auch das verwendete Papier hat einen überaus großen Einfluss auf die Deinkbarkeit [vgl. 82]. Dennoch existiert noch keine für Verlage oder Druckereien brauchbare Zusammenstellung, wie gut sich eine bestimmte Tinte auf einem bestimmten Papier deinken lässt. Zwar existieren bereits diverse Forschungspublikationen zu dem Thema, doch verursachen diese ganz eigene Probleme:

Eine Publikation wie [83] von der Papiertechnischen Stiftung beschreibt war detailliert die Wirkung von unterschiedlichen Additiven, Salzen, Strichpigmenten und Bindemitteln auf die Deinkbarkeit von Inkjet-Drucken, ist aber nur für einen Papierhersteller sinnvoll anwendbar. Für Verlage oder Druckereien ist diese Publikation hingegen schlecht anwendbar, da diese sich kaum über die genau in einem Papier verwendeten Materialien informieren können – denn für die Papierhersteller gilt die genaue Rezeptur eines Papiers meist als Geschäftsgeheimnis. Ebenso ist es unwahrscheinlich, dass ein Verlag bestimmte Materialien auswählen würde, um ein spezielles Papier für sich herstellen zu lassen, oder dass eine Druckerei ein Papier vor dem Druck selbst mit bestimmten Materialien beschichten würde – auch wenn letzterer Fall bei einfachen Materialien (wie Salzlösungen) etwas wahrscheinlicher ist.

Für Verlage und Druckereien brauchbar wären im Gegensatz dazu Publikationen, in denen Kombinationen Papiersorten und Druckfarben untersucht werden, die so auf dem Markt verfügbar sind. Auch hierzu existieren Publikationen, von denen die bedeutsamste sicherlich [84] von der FOGRA ist. In dieser wurden allerdings die untersuchten Druckfarben und Papiersorten anonymisiert, sodass sie als Entscheidungshilfe zur Auswahl einer deinkbaren Farb-Papier-Kombination nicht mehr zu gebrauchen ist. Dies wäre nur der Fall, wenn Klarnamen verwendet werden.

Bislang existiert mit [85] eine einzige Publikation, in der die Deinkbarkeit von auf dem Markt verfügbaren Farb-Papier-Kombinationen in Klarnamen angegeben wird – doch diese deckt leider nur einen sehr kleinen Teil der verwendbaren Druckfarbentypen ab (bei der genannten Quelle ausschließlich wasserbasierte Pigmenttinten). Auch bei den untersuchten Papieren könnte die Auswahl größer sein.

Aus diesen Gründen soll in dieser Arbeit zuerst eine Auswahl von Farben und Papieren durchgeführt werden, die alle die verschiedenen erhältlichen Sorten grundlegend abdeckt und in einem zweiten Schritt Deinkbarkeits-Versuche auf den entstehenden Kombinationen durchgeführt werden – wobei generell Papiere, Farben und die zugehörigen Druckmaschinen mit Handelsnamen angegeben. Die hierbei erhaltenen Ergebnisse sollen schließlich Verlagen und Druckereien ermöglichen, sich für eine Farb-Papier-Kombination zu entscheiden, deren Deinkbarkeit bewiesen ist – sodass diese auch bei Anwendung eines Print-on-Demand-Prozesses ihren Beitrag leisten können, den Papierkreislauf zu erhalten.

4.4.2 Die Papierauswahl

a) Ein Wirrwar an Bezeichnungen

Papierhersteller und -Händler, geben die in einem Papier verwendeten Materialien (mit Ausnahme der Faser-sorte) im Normalfall nicht an, um ihre Geschäftsgeheimnisse zu bewahren²³. Dennoch besteht bei ihnen das Interesse, ihren Kunden eine Auswahl aus verschiedenen Papiersorten zu ermöglichen. Aus diesem Grund ist an Wirrwar an Sortenbegriffen entstanden, welche sich mal auf die angedachten Druckverfahren beziehen und mal auf spezielle Anwendungsbereiche – was aber nicht immer sauber voneinander getrennt wird.

²³ Eine Ausnahme ist der kanadische Papierhersteller Kruger, der Sicherheitsdatenblätter zu seinen Papieren veröffentlicht. Als Beispiel soll mit [86] ein Datenblatt zu einem »Lightweight Coated Paper« dienen, nach welchem das Papier vorrangig mit Kaolin und Calciumcarbonat gestrichen ist, aber auch geringe Teile Stärke und Titandioxid enthält. Weiterhin werden manche Spezialpapiere unter dem Namen der Pigmente vermarktet, z.B. »Baryta« genannte Papiere.

So gliedert sich das Angebot des Papierhändlers IGEPA [87]²⁴ beispielsweise in Büropapiere, Etikettenpapiere, Photopapiere, Geschäftsausstattungs-papiere, Feinstpapiere, gestrichene Papiere, Bedruckmaterialien für den digitalen Produktionsdruck, ungestrichene Naturpapiere, Volumen- und Designpapiere sowie Selbstdurchschreibepapiere. Und obwohl die Photopapiere ebenfalls einen Strich besitzen, sind sie sich nicht mit bei den gestrichenen Papieren gelistet – ebenso wenig, wie die meisten Büropapiere, die, obwohl sie ungestrichen sind, nicht bei den ungestrichenen Naturpapieren auftauchen. Die Papierauswahl auf einer derartigen Einteilung aufzubauen, wäre also wenig zielführend.

Auch eine Einteilung in »coated, offset and opaque, text and cover, writing, speciality«, wie sie der Papierhersteller Mohawk in [88, S.5] vorgenommen hat, wurde als unbrauchbar erachtet – denn auch ein »text and cover«-Papier (also ein Papier für Publikationen) kann mit einem Offset-Verfahren bedruckt werden. Und warum sollte nicht auch ein Schreibpapier bedruckt werden können? Immerhin sind darauf oft schon Linien oder Kästchen vordruckt – warum sollte dies nicht auch mit kompletten Texten und Bildern funktionieren?

Auch die Methode, sich nach dem Druckverfahren zu orientieren, muss kein vergleichbares Ergebnis bringen. So existieren z.B. mehrere Sorten Inkjet-Papier, von denen nicht alle gestrichen sind, wie in Bild 27 dargestellt ist:

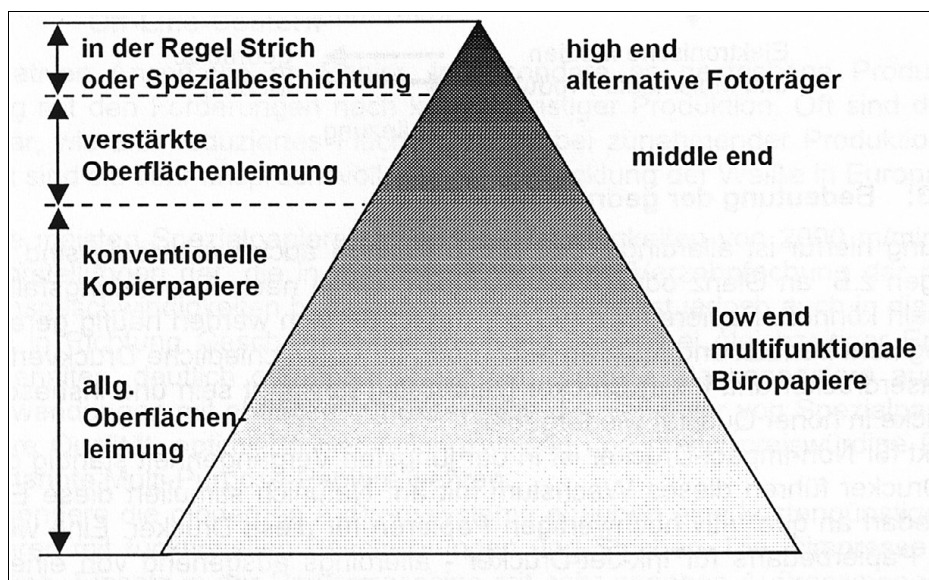


Bild 27: Sortenpyramide der Inkjet-Papiere [89, S. 4]

Und selbst wenn man sich bei Inkjet-Papieren auf die im Bild angegebenen Striche oder Spezialbeschichtungen beschränkt, unterscheidet man diese wiederum in »quellbar« (auch als »Gelantinepapiere« bezeichnet) und »porös« (das nochmals eine Sondersorte namens »mikroporös« beinhaltet) – und alle davon können nochmals in einer Variante namens »resin coated« hergestellt werden, bei welcher sich eine Schicht aus Kunststoff innerhalb des Papiers befindet [vgl. 90, S. 50–51]. Um als wäre dies nicht bereits unübersichtlich genug, existieren laut [91, Folie 5] auch Papiere speziell für Lösemitteltinten, die ebenfalls quellbar beschichtet sind – aber eben nicht gegenüber Wasser wie die »Gelantinepapiere« aus [90, S. 50–51], sondern gegenüber Lösemitteln. Eine quellbare Beschichtung muss also nochmals in wasserquellbar und lösemittelquellbar unterschieden werden.

Anhand dieser Begriffe wäre eine Papierauswahl möglich, aber es besteht hier das Problem, dass sich bei Papierherstellern und -Händlern nur die Begriffe »mikroporös«, »RC« (für »resin coated«) und selten »oberflächengeleimt« bei den Beschreibungen der verfügbaren Papiere finden, nicht aber die anderen Begriffe.

b) Auswahlmöglichkeiten anhand der Herstellungsschritte eines Papiers und den dort verwendeten Materialien

Um nun herausfinden zu können, welche Papiersorten den entsprechenden Fachbegriffen entsprechen, musste ein Schritt zurück getan werden und die Papiersorten anhand deren Herstellung untersucht werden.

²⁴ Ohne die dort ebenfalls gelisteten Overhead Filme, die keine Papiere darstellen, sondern Folien.

Die Herstellung von Papier im Allgemeinen geschieht laut DIN 6735 [92, S. 20] »durch Entwässerung einer Faserstoffaufschwemmung auf einem Sieb [...]; dabei entsteht ein Faserfilz, der anschließend verdichtet und getrocknet wird.«

Das dabei entstehende Papier muss aber noch nicht zwangsläufig jenes sein, das in den Handel gelangt – immerhin können noch diverse Finishing-Schritte an die normale Herstellung angehängt werden (Bild 28):

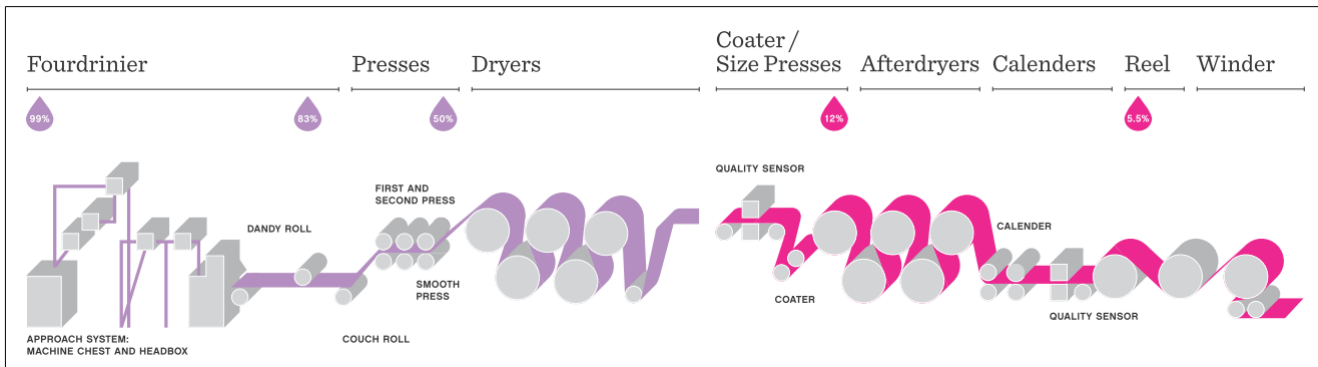


Bild 28: Schema der Herstellungsschritte (links) und Finishing-Schritte (rechts) bei der Papierherstellung [88, S. 3–4]

Mit einem Streichwerk (dem »Coater« aus Bild 28) kann auf dem zuvor hergestellte Papier (dem »Rohpapier«) eine Beschichtung aufgetragen werden – normalerweise eine Streichfarbe²⁵. Die entstehenden Papiere werden, als »gestrichen« bezeichnet, falls die aufgetragene Farbmenge 5 g/m² oder mehr beträgt; liegt sie darunter, wird der Begriff »pigmentiert« verwendet [vgl. 93, S. 40]. Bleibt das Papier ungestrichen, wird auch als »Naturpapier« bezeichnet [vgl. 94, S. 1].

Eine Leimpresse kann theoretisch einem Strichwerk nachgeschaltet sein, wird aber normalerweise statt diesem verwendet, falls ungestrichene Papiere hergestellt werden sollen (entsprechend ist sie auch in Bild 28 nicht separat vermerkt). Sie dient dazu, Leim auf die Oberfläche eines Papiers aufzutragen – das entstehende Papier wird entsprechend als »oberflächengeleimt« bezeichnet. Ein solches Papier erhält eine geringere Saugfähigkeit gegenüber Wasser [vgl. 93, S. 24].

Die Kalander (»Calender« in Bild 28) schließlich sind Walzen, zwischen denen das Papier hindurch geführt werden kann. Hierbei nimmt es deren Oberfläche an, d.h. sind die Walzen glatt, wird das Papier geglättet²⁶. Sind die Walzen graviert, wird das Papier entsprechend geprägt. Beides kann auch außerhalb der Papiermaschine erfolgen. [vgl. 88, S. 4]

Es ist weiterhin möglich, dass Glättwalzen mit einem Trockner kombiniert werden, dass ein Papier also durch geheizte Walzen hindurch geführt wird. Dies geschieht bei manchen gestrichenen Papieren, deren Strich nun direkt an der Walzenoberfläche trocknet. Es entsteht ein gussgestrichenes Papier [vgl. 93, S. 26].

Einfluss auf die Papiereigenschaften kann man also wie folgt nehmen:

- Vor dessen Herstellung durch Auswahl der Fasern – diese können Holzstoff, Zellstoff oder Altpapierfasern sein. Sofern nicht mehr als 5 % Holzstoff verwendet wird, ist das entstehende Papier als »holzfrei« zu bezeichnen, ansonsten als »holzhaltig« [vgl. 93, S. 28] – ein etwas irreführender Begriff, da auch der Zellstoff zumeist aus Holz hergestellt wird. Die Bezeichnungen »ligninfrei« und »ligninhaltig« sind dagegen sinnvoller, da sie den eigentlichen Unterschied bezeichnen [vgl. 66, S. 9] und werden auch in dieser Arbeit so verwendet.
- Beim Herstellen des Pulps (also vor der Blattbildung) durch Hinzufügen von Füllstoffen oder Leim zur Suspension. In letzterem Fall wird das entstehende Papier als »stoffgeleimt« bezeichnet [vgl. 93, S. 48], während für das Vorhandensein von Füllstoffen noch keinen allgemeiner Begriff existiert. In Analogie zu »holzfrei« und »holzhaltig« werden hier die Bezeichnungen »füllstofffrei« und »füllstoffhaltig« vorgeschlagen, mit der gleichen 5-%-Grenze. Die Art der Füllstoffe kann stark variieren.
- Auf der Siebpartie durch Einbringen eines Wasserzeichens oder ähnlichen Verzierungen.

²⁵ In der DIN 6730 ist diese definiert als »Suspension aus Pigmenten und Bindemitteln, die daneben auch andere Bestandteile enthalten kann« [93, S. 48].

²⁶ Auch als »satiniert« bezeichnet – ein gestrichenes Papier, das normalerweise matt ist, wird durch diesem Schritt glänzend [vgl. 94, S. 1].

- Durch eine Streicheinheit. Wie bei den Füllstoffen sind eine Vielzahl von Pigmenten verwendbar.
- Über einer Oberflächenleimung.
- Mit einem Kalander. Die klassische Satinage ist bei gestrichenen Papieren einem Gussstrich gleichgestellt, da beide eine verdichtete Oberfläche des Striches erzeugen.

Was die verwendeten Fasern angeht, sollen für die Deinking-Untersuchungen keine ligninhaltigen Papiere verwendet werden. Der Grund hierfür ist, dass die Geräte, die von der INGEDE zum Durchführen der Untersuchungen zur Verfügung gestellt wurden (siehe Kapitel 4.4.6), auch für Kundenaufträge verwendet werden, sodass die hergestellten Nutsenblätter und Laborblätter nötigenfalls einige Wochen aufbewahrt werden müssen, bevor sie gemessen werden können. In dieser Zeit wären ligninhaltige Papiere möglicherweise bereits etwas vergilbt, was die Messergebnisse negativ beeinflussen würde. Weiterhin sollen keine Altpapierfasern verwendet werden, um einen Einfluss der darin enthaltenen Restfarbe auf die Deinking-Versuche ausschließen zu können.

Im Gegensatz zur Kalandrierung, deren Einfluss aufs Deinking vernachlässigbar sein sollte, haben die verwendeten Leimungsmittel, Füllstoffe und (wenn vorhanden) Strichpigmente einen großen Einfluss auf die Deinkbarkeit [vgl. 83]. Zumindest die Pigmente sollen nachfolgend geschildert werden – unter der Vorannahme, dass sie unter einem Mikroskop erkennbar sein sollten, wenn sie im Strich eines Papierses vorkommen. Als Füllstoffe können in der Regel die gleichen Pigmente verwendet werden wie beim Strich [vgl. 95, S. 5 & 96, S. 7], sodass die Materialien nachfolgend gemeinsam (alphabetisch) gelistet und kurz beschrieben werden sollen:

- **Aluminiumhydroxid:** Ein blauweißes Pigment mit sehr hoher Helligkeit und einer kleinen Partikelgröße von 0,1–5 μm (siehe Bild 29), die zu einem höheren Glanz des Papierses führt. Letztgenannte Eigenschaft in Kombination mit einer schnellen Tintenabsorptionsfähigkeit führt auch dazu, dass einige hochpreisige Inkjet-Papiere (z.B. das *Canon Photo Paper Pro*) mit Aluminiumhydroxid beschichtet sind. [vgl. 97, S. 2; 98, S. 12; 99, S. 72 & 100]
- **Bariumsulfat:** Kommt als Mineral unter den Namen Baryt oder Schwerspat vor, kann aber auch synthetisch hergestellt werden und trägt dann den Namen *Blanc Fix*. Das Pigment ist sehr beständig (da sowohl im sauren als auch basischen Bereich inert), weiß, rein und besitzt eine hohe Farbaufnahmefähigkeit. Wegen des sehr hohen Preises kommt es aber nur in Premium-Fotopapieren zum Einsatz [vgl. 97, S. 2; 101, S. 260 & 95, S. 6]. Dies ist eines der wenigen Pigmente, bei dem angegeben wird, wenn es im Papier enthalten ist (sogenanntes Barytpapier) [vgl. 100].
- **Calciumsulfoaluminat:** Ein aus der Reaktion von Kalk und Alaun hergestelltes sythetisches Pigment, das unter der Bezeichnung *Satinweiß* bereits im 19. Jahrhundert eingesetzt wurde. Erkennbar an seinen nadelförmigen Kristallen (siehe Bild 30). Die erreichbaren Werte für Opazität, Glanz und Helligkeit sind allesamt hoch, aber die Verarbeitung des Pigments ist schwierig, da es nur in stark alkalischer Lösung (pH-Wert über 10,5) stabile Dispersionen erzeugt und die Kristalle bei zu starker Trocknung des Papierses zerfallen. Aus diesem Grund ist es nur in hochqualitativen Strichen für Kunstdruckpapiere enthalten [vgl. 99, S. 69–70; 98, S. 13–14]
- **Calciumcarbonat:** Ein sehr häufiges Pigment, das meist als fossiler Rohstoff in Form von Kreide vorliegt. Ansonsten werden kristalline Formen (v.a. Kalkstein und Marmor) verwendet. Wegen der vielen Rohstoff-Vorkommen ist das Pigment sehr günstig und entsprechend oft in gemahlener Form (siehe Bild 31) in Papieren zu finden – aber man kann es auch durch Reaktion von

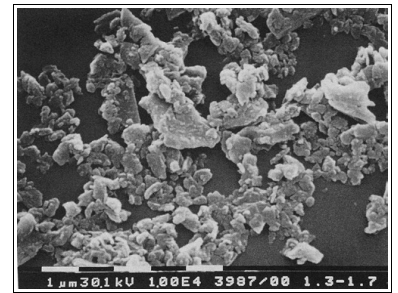


Bild 29: Aluminiumhydroxid-Partikel bei 10000-facher Vergrößerung [98, S. 12]

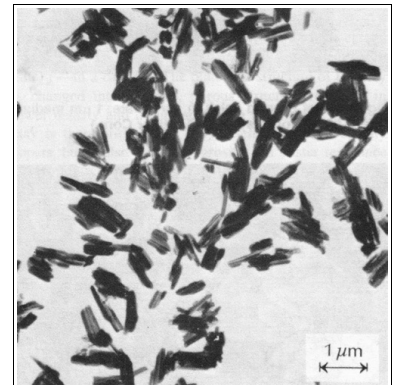


Bild 30: Satinweiß-Kristalle mit einer Länge von 0,8 μm und einer Dicke von 0,1–0,2 μm [98, S. 12]

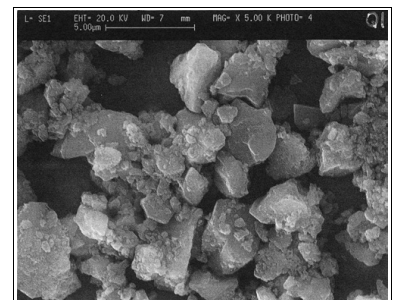


Bild 31: Gemahlenes Calciumcarbonat bei 5000-facher Vergrößerung [98, S. 11]

Calciumhydroxid mit Kohlendioxid herstellen, wenn ein besonders reines Pigment gewünscht ist und die Kristallstruktur (Calcit oder Aragonit) bestimmt werden soll. Calciumcarbonat besitzt eine sehr hohe Helligkeit (90–95 %) und eine gute Ölabsorption, streut aber Licht so sehr, dass man kaum glänzende Striche hiermit herstellen kann. Zudem wird es in saurem Umfeld zersetzt. [vgl. 97, S. 2; 98, S. 10–11, & 101, S. 255]

- **Calciumsilikate:** Diese Calciumsalze der Kieselsäure werden normalerweise im Labor ausgefällt und besitzen entsprechend ähnlichen Eigenschaften. Wegen der unvorteilhafteren Partikelform werden sie im Gegensatz zu dieser aber vorrangig als Füllstoffe eingesetzt. [vgl. 97, S. 2 & 98, S. 14]
- **Calciumsulfat:** Kommt als Gips verbreitet in der Natur vor – allerdings wird nur die gebrannte Version als Füllstoff verwendet. Dies geschieht aber nur selten, da sich das Pigment relativ gut in Wasser löst, sodass es leicht ausgespült werden kann [vgl. 101, S. 260–261].
- **Glimmer:** Ein Oberbegriff für verschiedene Aluminium-Kalium-Silikate. Sie zeichnen sich durch gute chemische Beständigkeit (auch gegenüber Wettereinflüssen) aus [vgl. 101, S. 261]. In [97, S. 2] ist die speziell Variante *Muskovit* als verwendbares Pigment gelistet. Einsatz findet Glimmer momentan bei speziellen Glimmerpapieren, wie dem *Gmund Brillianca* [vgl. 102], bei welchem er einen metallischen Glanz erzeugt.
- **Kaolin:** Auch als *China Clay* bezeichnet [vgl. 96, S. 7]. Dieses weit verbreitete, günstige und entsprechend häufig verwendete Pigment tritt in Form von dünnen hexagonalen Plättchen auf. Diese sorgen für eine starke Lichtstreuung, weswegen Kaolin als Füllstoff die Opazität des Papiers erhöht. Kaoline können aus dem sie enthaltenden Gestein mit Luft oder Wasser ausgesondert werden, wobei die luftprozessierten Kaoline wegen ihrer geringen Helligkeit nur als Füllstoff oder in einem Vorstrich verwendet werden. Die ausgewaschenen Kaoline (Bild 32) haben eine höhere Deckkraft, weswegen sie bei dünnen Strichen Anwendung finden. Schließlich kann noch calcinierter Kaolin hergestellt werden, indem ausgewaschener Kaolin gebrannt wird – es entsteht ein poröseres, matteres und leichteres Pigment, dessen Kosten aber auch höher liegen [vgl. 97, S. 2; 98, S. 9–10; 101, S. 245–248].
- **Kieselsäure:** Kieselsäure kommt in fossiler Form (Kieselgur) vor, wir aber normalerweise synthetisch ausgefällt (siehe Bild 33), wobei auch eine Gelform entstehen kann (Kieselgel). Dieses Pigment erzeugt eine hohe Helligkeit zum Preis einer geringen Opazität. Die schwammartige Struktur der Pigmentpartikel sorgt für eine hohe Aufnahmefähigkeit gegenüber Flüssigkeiten, weswegen dieses Pigment oft bei porös gestrichenen Papieren Einsatz findet [vgl. 97, S. 2; 98, S. 14, 101, S. 261–262, 100]
- **Kunststoffe:** Von diesen synthetischen Pigmenten auf Kohlenwasserstoffbasis werden nach [98, S. 14 & 101, S. 262–263] die folgenden drei Typen verwendet, um mit ihnen ultraleichte Papiere herzustellen:

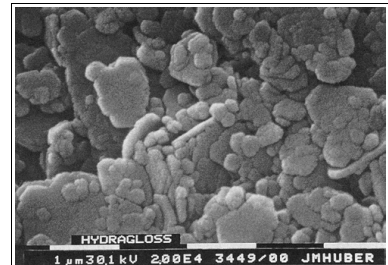


Bild 32: Ausgewaschene Kaolinplättchen bei 20000-facher Vergrößerung [98, S. 10]

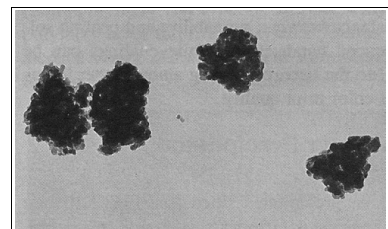


Bild 33: Gefällte Kieselsäure-Partikel bei 10000-facher Vergrößerung [98, S. 13]

- **Polystyren:** Dieses überaus leichte Material sorgt für verbesserte Bedruckbarkeit und besonders hohen Glanz – besonders, wenn es Heißkalandriert wird.
- **Vinylidenchlorid-Acrylnitril-Copolymer:** Dieses Polymer wird in Form von Mikrosphären hergestellt, die mit Isobutan gefüllt sind. Beim Erhitzen dehnen sie sich aus und senken so die Dichte des Papiers.
- **Harnstoff-Formaldehyd-Harz:** Dieses Polymer erzielt eine hohe mechanische Festigkeit und, da es in Form von Agglomeraten kleiner Sphären vorliegt, eine sehr hohe Opazität und einen hohen Weißgrad bei gleichzeitig geringer Dichte.

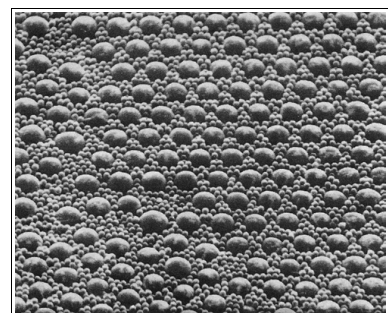


Bild 34: Kunststoff-Pigmente mit 0,2 & 0,9 µm Durchmesser [98, S. 15]

- **Magnesiumcarbonat:** Dieses Pigment wird zwar verwendet – aber meist nur als Nebenbestandteil in Kalkstein oder Dolomit, das vorrangig aus Calciumcarbonat besteht [vgl. 97, S. 2 & 101, S. 251].
- **Montmorillonit:** Ein Füllstoff, der wegen seiner hoher spezifischer Oberfläche vor allem bei der Herstellung von Recycling-Papier eingesetzt wird, um Störstoffe aus dem Altpapier (Bindemittel, Farben, Harze u.dgl.) zu absorbieren [95, S. 5–6].
- **Natriumaluminiumsilikate:** Mit diesen meist synthetisch hergestellten Pigmenten lässt sich das Wegschlagverhalten von Tinten ausgezeichnet einstellen. Zudem bewirken sie eine gute Opazität, eine hohe Helligkeit und eine hohe mechanische Widerstandsfähigkeit des Papiers. [vgl. 97, S. 2 & 101, S. 299]
- **Siliciumdioxid:** Die verwendbaren Formen dieses Minerals reichen von normalem Quarzsand über gemahlenen Quarz und Cristobalit bis hin zu gemahlenem Kieselglas. Künstlich in einer Flamme hergestellt wird zudem pyrogenes Siliciumdioxid [vgl. 97, S. 2].
- **Talk:** Das weichste bekannte Mineral. Wie Kaolin ist es aus kleinen Plättchen aufgebaut und relativ häufig vorhanden, sodass mit ihm für einen geringen Preis eine gute Helligkeit und hoher Glanz erzeugt werden können ist. Wegen der Weiche des Materials wird es in manchen gestrichenen Tiefdruck-Papieren eingesetzt. Als Füllstoff kommt das oleophile Verhalten des Talks zum tragen, der Harz und schädliche Partikel adsorbieren kann. Nachteilig im Vergleich zu Kaolin ist die etwas höhere Neigung zum Stauben [vgl. 97, S. 2, 101, S. 249 & 99, S. 75].
- **Titandioxid:** Dieses Pigment hat neben einer hohen Weiße den höchsten Brechungsindex aller Pigmente und wird entsprechend dann eingesetzt, wenn eine höchstmögliche Opazität erreicht werden soll – zum Beispiel bei Wachspapieren oder bei Etiketten, die mit Fett in Berührung kommen können. Es werden zwei Kristallformen des Pigments verwendet, Rutil und Anatas, von denen die erstere die besseren Eigenschaften erzielt, während die günstigere zweite Form vor allem als Füllstoff verwendet wird. Der dennoch hohe Preis dieses Pigments (das sechsfache wie für Kaolin) führt aber dazu, dass es nie allein zum Einsatz kommt. [vgl. 98, S. 12; 99, S. 66-68 & 101, S. 258]
- **Zinkoxid:** Dieses Pigment kann direkt als Fotoleiter dienen, entsprechend können hiermit beschichtete Papiere direkt bebildert werden [vgl. 103], wie es z.B. bei der Elektrografie geschieht.

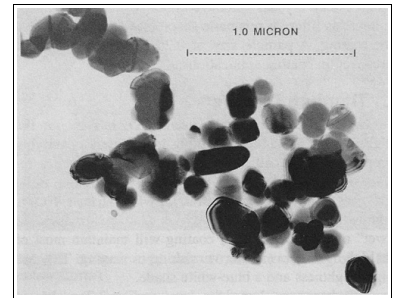


Bild 35: Titandioxid unter 200000-facher Vergrößerung [98, S. 12]

Füllstoffen und Leimungsmitteln können unterm Mikroskop nicht so einfach erkannt werden wie Strichpigmente. Um hier eine Papierauswahl durchzuführen, bleibt nur noch, anhand der Markennamen vorzugehen, zu welchen einige Hersteller ihre Papierrezepturen zusammengefasst haben. Da die Materialien in derartigen Papieren untereinander vergleichbar sein dürften, wurden solche »Markentechnologien« als Auswahlkriterium herangezogen. Auf dem Markt verbreitet sind dabei:

- **ColorLok:** Diese Technologie wurde von International Paper in Zusammenarbeit mit HP für den Heim- und Bürodruck entwickelt [vgl. 104, S. 2 & 4], wird von beiden Firmen aber auch an andere Papierhersteller lizenziert, darunter Mondi und StoraEnso [vgl. 104, S. 6]. Die Technologie beinhaltet grundsätzlich das Hinzufügen eines kationischen Salzes während der Papierherstellung. Wird mit einer (anionischen) Tinte auf ein solches Papier gedruckt, fallen die darin enthaltenen Pigmente aus und bleiben somit an der Oberfläche des Papiers, anstatt mit der Flüssigkeit ins Papier transportiert zu werden [vgl. 104, S. 2]. Als Ergebnisse sollen eine höhere optische Dichte, schärfere Kanten, ein geringeres Ausbluten der Farben und eine schnellere Trocknung der Tinten erreicht werden [vgl. 104, S. 4]. Weiterhin sind bei ColorLok die Partikelgrößen der Füllstoffe, die Oberflächenrauigkeit des Papiers sowie dessen elektrische Leitfähigkeit festgelegt, sodass bei Tonerdrucken deren Zuverlässigkeit und die erreichte Bildqualität gesteigert wird [vgl. 104, S. 4].
- **ProDigi Nanotechnology:** Diese Technologie stammt vom indonesischen Papierhersteller April Asia und wird auf [105] mit »smooth treated paper that ensures ink stays on the paper surface« umschrieben, wodurch bessere Farben, geringeres Ausbluten und Wischfestigkeit der Drucke sichergestellt werden sollen. Die Ziele sind also die gleichen wie bei ColorLok – aber im Unterschied zu dieser Technologie wurde ProDigi noch nicht an andere Hersteller lizenziert.

- **ColorPRO:** Diese Technologie stammt ebenfalls von HP, aber im Gegensatz zu ColorLok zielt sie nicht auf Heim- und Büroanwendungen, sondern auf den kommerziellen Inkjet-Produktionsdruck [vgl. 104, S. 2]. Die ColorLok-Spezifikationen sind auf die zugehörige Druckmaschine von HP angepasst worden, die *PageWide Web Press*, die wasserbasierte Pigmenttinten nutzt. Hersteller für ColorPRO-Papieren sind z.B. Metsä, Crown van Gelder und Sappi [vgl. 106].
- **i-Tone:** Diese Technologie stammt von Mohawk und dient speziell dazu, die Haftung von Toner auf Papier zu verbessern [vgl. 107] – es wird also ein spezielles Leimungsmittel dahinter erwartet. Die entsprechenden Papiere sollen dabei sowohl mit Flüssigtoner als auch mit Tockentoner ein gutes Druckergebnis erzielen. Diese Technologie wurde bislang noch nicht weiter lizenziert.
- **Inxwell:** Dies ist ebenfalls eine Technologie von Mohawk, die dafür sorgen soll, dass ein Druckergebnis wie auf gestrichenem Papier auf einem Papier entsteht, dass sich anfühlt wie ein ungestrichenes [vgl. 108, S. 11–12] – wobei diese Quelle auf eine Pigmentierung hindeutet. Jedenfalls soll Inxwell für hohen Kontrast, hohe optische Dichte, schnelle Trocknung und eine gute Lauffähigkeit sorgen – und zwar sowohl im Digitaldruck als auch im Heatset- oder Coldset-Offset [vgl. 108, S. 16–24].

Weiterhin führt die Verwendung von bestimmten Materialien zu entsprechenden Eigenschaften eines Papiers, sodass zumindest im Umkehrschluss von einem Begriff grob auf die verwendeten Stoffe geschlossen werden kann. Um einige Beispiele zu geben:

- Wenn ein Papier für ein speziellen Druckverfahren hergestellt wurde, werden die entsprechenden Pigmente variieren. So ist es z.B. wahrscheinlich, dass ein gestrichenes Tiefdruck-Papier Talk enthält – im Gegensatz zu einem Offset-Papier.
- Auch bei den Leimungsmitteln ist ein ähnlicher Gegensatz zu erwarten: Ein Papier für Digitaldruckverfahren wird wahrscheinlich eine Leimung enthalten, die gleichzeitig als Haftvermittler für Tonerpartikel oder Tintenpigmente dient – was bei einem normal gestrichenem Papier eher nicht der Fall sein wird.
- Ein Hinweis wie ›instant dry‹, ›sofort trocken‹ oder ›wischfest‹ deutet auf ein Papier mit poröser Beschichtung hin [vgl. 109].
- Ist ein Papier als nicht kompatibel mit Pigmenttinten angegeben, deutet dies auf eine wasserquellbare Beschichtung hin [vgl. 110, S. 1]. Diese war ursprünglich Gelatine, hat sich aber in den letzten Jahren hin zu wasserlöslichen Polymeren entwickelt [vgl. 100].
- Ein lösemittelquellbar beschichtetes Papier nutzt wahrscheinlich Kunststoffe als Strichpigmente, da diese durch ein passendes Lösemittel aufquellen (bzw. angelöst) werden.

Keinen Einfluss auf die Deinkbarkeit eines Papiers sollten folgende Parameter haben:

- Die Oberflächenrauigkeit, also ob ein Papier glänzt (dann ist sie gering) oder nicht. Dieser Parameter hängt, wie bereits geschildert, davon ab, wie stark ein Papier kalandriert ist.
- Die Partikelgröße der verwendeten Füllstoffe und Strichpigmente. Das Vorhandensein eines Striches hat allerdings Einfluss, denn Farbpartikel, die an den Strichpigmenten adsorbiert wurden, sollten mit ihnen während der Flotation entfernt werden können [vgl. 72, S. 4].

Unabhängig von der Deinkbarkeit soll eine möglichst hohe Wiederholbarkeit der Versuche sichergestellt werden. Entsprechend ist ein Papier mit detailliert festgelegten Spezifikationen jenen Papieren ohne solche vorzuziehen. Aus diesem Grund sollen vorzugsweise Papiere verwendet werden, die direkt von einer Papierfabrik stammen, statt jene, die (z.T. unter anderem Namen) von Händlern verkauft werden – es sei denn, es kann eindeutig festgestellt werden, dass ein bestimmtes Papier eines Händlers von einem bestimmten Papierhersteller stammt und welches Papier sich dort hinter einem Händlernamen verbirgt.

Weitere Voruntersuchungen stammen aus der DIN 19306-4, wo auf [111, S. 4] die Saugfähigkeit gegenüber Öl als Kriterium für ein Zeitungsdruckpapier gegeben ist. Als Methode wird auf die EN 20535 [112] verwiesen (dem Cobb-Verfahren), aber es soll Rizinusöl als Testflüssigkeit im Gegensatz zu dem dort festgelegten Wasser verwendet werden. Beide Flüssigkeiten sollten sich aber gut zum Vergleich der verschiedenen Strichpigmente eignen. Und auf einem Papier, dass einen gewisse Saugfähigkeit hat, ist es wahrscheinlich, dass sich mit einer Inkjet-Tinte ein annehmbares Druckbild ergeben wird.

Ein weiterer Test wurde aus der DIN 19306-2 übernommen, wo auf [113, S. 5] die Blistering-Prüfung im heißen Ölbad beschrieben ist. Diese wurde zwar eigentlich für den Heatset-Druck entwickelt, um dort sicherzustellen, dass ein verwendetes Papier im Trockner keine Blasen wirft – aber man kann damit auch die Anweisung von [66, S. 5] überprüfen, laut derer kein Inkjet-Papier mit einem Tonerdrucker bedruckt werden darf, weil die Beschichtung bei der Fixierung schmelzen könnte. Bei einem Inkjet-Papier kann ein solcher Fall jedoch ausgeschlossen werden, wenn die Blistering-Prüfung bestanden hat (und die Heizwalzen des Tonerdruckers diese nicht noch heißer sind als die Temperatur des Ölbad im Test).

Weiterhin kann mit diesen Tests der Einfluss einer Kalandrierung aufs Papier festgestellt werden. So wird ein kalandriertes (glatteres oder glänzenderes) Papier wahrscheinlich dichter sein als ein unkalandriertes und entsprechend eine niedrigere Blistering-Temperatur und eine niedrigere Saugfähigkeit besitzen.

c) Auswahl von Papieren für Voruntersuchungen

Anhand dieser Annahmen wurde eine Vorauswahl an Papieren getroffen, welche danach sowohl mikroskopisch als auch mit den Tests Cobb (Wasser und Öl) und Blistering untersucht wurden.

Zur Vorauswahl wurde die Sorten-Pyramide der Inkjet-Papiere aus Bild 27 herangezogen, nach welcher es, grob gesagt, ungestrichene Inkjet-Papiere und gestrichene Inkjet-Papiere gibt, zu denen je ein Auswahlsschritt erfolgt. Diesen werden – ebenfalls in gestrichener und ungestrichener Form – Digitaldruckpapiere gegenüber gestellt, die explizit nicht für den Inkjet gedacht sind, sondern für Tonerdrucker, sowie klassische Papiere, die nur für die analogen Druckverfahren hergestellt wurden. Die Inxwell-Pigmentierung steht als einzige Multifunktions-Beschichtung außerhalb dieser Einteilung, sodass sie auf jeden Fall in diese Arbeit einbezogen wird. Nicht untersucht werden hingegen Substrate, in deren Beschichtung die Farbe direkt entwickelt wird (wie z.B. bei Thermal Autochrome oder der digitalen Entwicklung von Fotosubstraten), da dies kein ›Druck‹ im Wortsinn ist – dieser setzt laut DIN 8730 [114] voraus, dass im Verfahren Farbe übertragen wird.

Da die Inxwell-Technologie gesetzt war, wurde die Auswahl mit dieser begonnen:

- Frischfaserpapiere, die ausschließlich die Inxwell-Pigmentierung besitzen, sind überraschend selten. Es existieren genau zwei solche Papiere: Erstens das *Mohawk Options Brilliant White Navajo Smooth*, das aber nicht in einer ungeglätteten *Vellum*-Version vorhanden ist. Und zweitens das etwas weniger helle *Mohawk Options Crystal White*, das es zwar mit *Vellum*- und *Smooth*-Finish gibt – aber wo das *Smooth*-Finish zusätzlich mit i-Tone verbunden ist (was den Verdacht bestärkt, das i-Tone ein spezielles Leimungsmittel darstellt). Alle anderen Papiere der Familie *Mohawk Options* besitzen ebenfalls letztgenannte Kombination aus Inxwell und i-Tone [vgl. 115]. Entsprechend wurden *Options Crystal White Vellum* und *Options Brilliant White Navajo Smooth* für die Voruntersuchungen ausgewählt. Eine Musteranfrage bei Mohawk selbst führte aber dazu, dass (da Mohawk seine Fabriken in den USA hat) für Europa auf den Papierhändler Metapaper verwiesen wurde – und dieser hat (derzeit) keines der beiden Papiere im Programm [vgl. 116].
- Das einzige (derzeit) bei Metapaper verfügbare Inxwell-Papier ist das *Metapaper Extrasmooth Recycling White*, hinter dem sich das *Mohawk Options 100 % PC White Smooth* verbirgt [vgl. 116]. Auch dieses Papier nutzt eine Kombination aus Inxwell und i-Tone – und besteht zusätzlich aus 100% Recyclingfasern [vgl. 115]. Diese Faserart war zwar eigentlich ausgeschlossen, aber da es bei Metapaper kein anderes Angebot gab, wurden dort dennoch Muster dieses Papiers angefragt – in der niedrigsten erhältlichen Grammatur von 120 g/m².
- Eine Alternative für die Inxwell-Papiere wurde schließlich beim Papierhändler Papyrus gefunden. Dort sind zur Zeit (3. Quartal 2015) noch Restbestände der Papiere *Mohawk Loop Eco White* und des gelblicheren *Mohawk Loop Eco Cream* verfügbar [vgl. 117 & 118]. Beide Papiersorten sind laut [119] wiederum sowohl mit Inxwell pigmentiert und als auch mit i-Tone ausgerüstet – und bestehen wiederum aus 100% Recyclingfasern. Papyrus hatte in der niedrigsten noch erhältlichen Grammatur (118 g/m²) noch eine unkalandrierte Version des weißeren Papiers (*Loop Eco White Vellum*) und eine kalandrierte Version des gelblicheren Papiers (*Loop Eco Cream Super Smooth*) auf Lager [vgl. 117 & 118], sodass (trotz der falschen Fasern und der nicht zueinander passenden Farben der Papiere) zumindest noch der Einfluss der Kalandrierung auf die Inxwell-Technologie untersucht werden kann. Entsprechend wurden von beiden Papieren Muster angefragt.

Der nächste Auswahlsschritt galt gestrichenen Papieren, die nicht für den Inkjet entwickelt wurden:

- Für klassisch gestrichene Papiere wurde der Papierhersteller UPM und dessen Papierfamilie *UPM Finesse* herangezogen – aus zwei Gründen. Erstens gibt es alle Papiere mit drei Arten der Kalandrierung (*premium silk* für unkalandriert, *silk* für softkalandriert und *gloss* für superkalandriert) und zweitens gibt es neben dem Standardpapier (das keinen besonderen Buchstaben im Namen trägt) einen Strich speziell für den Heatset-Offset (mit hinten angestelltem *H*) und einen Strich speziell für den Tiefdruck (mit hinten angestelltem *G*) [vgl. 120]. Jeder der Striche wurde direkt bei UPM in der unkalandrierten und der superkalandrierten Variante angefragt, um deren Einfluss untersuchen zu können. Die Grammatur betrug dabei jeweils 115 g/m², da das *UPM Finesse premium silk G* (im Gegensatz zu den anderen Papieren) nur in dieser Grammatur verfügbar war [vgl. 121].
- Speziell für den Coldset-Offsetdruck wird das *UPM Matt C* hergestellt, das ursprünglich mit in die Auswahl genommen werden sollte. Doch leider ist dieses Papier ausschließlich in 70 g/m² verfügbar [vgl. 122], was nicht mehr mit den *Finesse*-Papieren vergleichbar gewesen wäre. Entsprechend wurde das *UPM Matt C* von den Vorversuchen ausgeschlossen.
- UPM vertreibt weiterhin mit *UPM Digi Finesse premium silk* und *UPM Digi Finesse gloss* eine Abwandlung der *Finesse*-Familie, die speziell für Tonerdrucker angepasst wurde. [vgl. 123]. Muster beider Papiere wurden ebenfalls in 115 g/m² angefragt, um die Vergleichbarkeit mit den klassischen *Finesse*-Papieren sicherzustellen.

Hiernach waren ein ungestrichenes Papier zu finden, das explizit nicht für den Digitaldruck gedacht ist, sowie ein Naturpapier für den Tonerdruck. Für letzteres wird ein Papier mit i-Tone verwendet – so kann die Kombination aus i-Tone und Ixwell mit einem reinen i-Tone-Papier verglichen werden.

- Naturpapiere, die ausschließlich die i-Tone-Technologie nutzen, sind unter dem Namen *Mohawk Superfine* erhältlich [vgl. 124]. Papiere dieser Familie sind in drei Weißtönen (*Ultrawhite*, *White* und *Soft White*) und jeweils zwei Finishes (*Eggshell* als unkalandrierte und *Smooth* als kalandrierte Variante) verfügbar – und auch bei Metapaper vollständig im Programm (unter dem Namen *Metapaper Extrarough* für das *Eggshell* und *Metapaper Extrasmooth* für das *Smooth*) [vgl. 116]. Als Farbe wurde der mittlere Weißton *Ultrawhite* gewählt, den auch das *Metapaper Extrasmooth Recycling* hatte. Zum besseren Vergleich mit diesem wurden Muster von *Superfine Ultrawhite Eggshell* und *Superfine Ultrawhite Smooth* wiederum in 120 g/m² angefragt, obwohl sie diesmal auch in 105 g/m² verfügbar gewesen wären.
- Ein Papier, das nicht für den Digitaldruck gedacht ist und zudem in einer unkalandrierten und einer kalandrierten Version erhältlich ist, wurde bei der IGEPA unter dem Namen *maxioffset* (für die unkalandrierte Version) und *maxiscript* (für die satinierte Version) gefunden.²⁷ Dass das Papier eher klassischen Rezepturen entspricht, zeigt schon der Name des zweiten Papiers, der andeutet, dass es eigentlich ein Schreibpapier sei. Muster von beiden Papieren wurden wieder in 120 g/m² angefragt, um die Vergleichbarkeit mit den Mohawk-Papieren zu gewährleisten.

Nun wird die Basis der Inkjet-Papiere angegangen, d.h. die für den Inkjetdruck angepassten Naturpapiere:

- Die ProDigi Nanotechnology wird in drei *PaperOne*-Papieren verwendet, die alle in einem Grammaturbereich zwischen 80-85 g/m² erhältlich sind (eng genug für einen Vergleich der Papiere untereinander). Hierbei nimmt die Rauigkeit von *PaperOne Copier* (190 ml/min bei 80 g/m²) über *PaperOne All Purpose* (140 ml/min bei 80 g/m²) bis hin zum *PaperOne Digital* (100 ml/min bei 85 g/m²) immer weiter ab – das letztere kann also auf jeden Fall als kalandriert angenommen werden [vgl. 129, 130, & 131]. Da die Sorten *All Purpose* bei 80 g/m² und *Digital* bei 85 g/m² die gleiche Dicke (110 µm) und fast die gleiche CIE-Weiß besitzen (167 für All Purpose und 170 für Digital), wurde entschieden, diese beide Sorten für die Vorversuche heranzuziehen. Die hierzu nötigen Muster wurden über die Papier-Union beschafft [vgl. 132].
- Der Grammaturbereich der beiden ausgewählten ProDigi-Papiere wurde in Bezug auf die Vortests für alle übrigen Papiere dieses Auswahlsschrittes übernommen, um die Vergleichbarkeit der Sorten untereinander zu gewährleisten.

²⁷ In den Datenblättern der beiden Papiere [125 & 126], ist vermerkt, dass sie von UPM hergestellt werden. Ein Vergleich der Spezifikationen mit den dortigen Papieren lässt darauf schließen, dass es sich beim *maxioffset* um *UPM Fine* handelt und beim *maxiscript* um *UPM Fine SC* [vgl. 127 & 128] – womit auch das nötige Kriterium erfüllt wäre, mit dem ein Papier in die Untersuchungen einbezogen werden kann, das einen Händlernamen trägt.

- Die größte Auswahl von Papieren mit ColorLok hat in Mitteleuropa der Hersteller Mondi mit 12 Papieren aus den 5 Papierfamilien *IQ*, *MAESTRO*, *DNS*, *BIO Top 3* und *NAUTILUS*. [133]. Von dieser Auswahl wurde sich für die beiden *DNS*-Papiere (*DNS premium* und *DNS color print*) entschieden, da zumindest das *DNS premium* als Hybriddruckpapier vermarktet wird, das für Offset, Toner und Inkjet gleichermaßen geeignet sein soll [vgl. 134]. Beim *DNS color print* wird die Offset-Tauglichkeit zwar nicht angegeben, aber dafür wird eine glatte Oberfläche genannt, sodass dieses Papier die kalandrierte Variante des *DNS premium* sein dürfte [vgl. 135]. Muster dieser Papiere wurden in 80 g/m² direkt bei Mondi angefragt.
- Um einen Vergleich zwischen einem Hybriddruckpapier und einem normalen Multifunktionspapier mit ColorLok zu erhalten, wurden zusätzlich im Einzelhandel zwei Papiere aus der Familie *MultiCopy* des Herstellers *StoraEnso* beschafft, und zwar jeweils in 80 g/m²: *MultiCopy Original*, mit einer Rauigkeit von 160 ml/min, und *MultiCopy ColourLaser*, mit einer Rauigkeit von 100 ml/min (und damit die kalandrierte Variante) [vgl. 136 & 137]. Das dritte Papier der Familie, *MultiCopy Inkjet*, wurde ausgeschlossen, da es nicht in 80 g/m² verfügbar ist [vgl. 138].
- Zwei Hybridpapiere ohne ColorLok wurden schließlich beim Hersteller International Paper gefunden – dort wird das Papier *Preprint-S* als »speziell für den Offset-, Laser- und Digitaldruck geeignet« beschrieben [139]. Der Name »Preprint«, der ja eigentlich für die Druckvorstufe steht, wird bei einem zweiten Papier namens *Preprint-E* so erklärt, dass diese Papiere erst im Offset bedruckt werden und dann ein zweites Mal mit Büromaschinen [vgl. 140] – »Preprint« ist hier also im Sinn von »Vordruck« gemeint. Das »S« steht dabei wahrscheinlich für »smooth« (und damit wohl für kalandriert), da die angegebene Glätte etwas höher ist als beim »E«. Muster von beiden Papieren wurde in 80 g/m² direkt beim Hersteller angefragt.
- Büropapiere ohne Hybridfähigkeit stammten schließlich vom Hersteller Portucel, der für diverse starke Marken bekannt ist (darunter *Target*, *Navigator*, *Explorer* und *Discovery*) [vgl. 141]. Von diesen wurde sich zuerst für die Papierfamilie *Navigator* entschieden, da diese die am meisten verkaufte Sorte Büropapier weltweit ist [vgl. 142] und entsprechend verbreitet sein sollte. Eine Rauigkeit von 120 ml/min für das Papier mit 80 g/m² (bezeichnet mit dem Zusatz *Universal*, da es in dieser Grammaturn auch eine gelochte Variante unter dem Namen *Organizer* und eine Variante mit 30% Recyclingpapier unter dem Namen *Hybrid* gibt), die mit steigender Grammaturn abnimmt, deutet auf eine Kalandrierung hin [vgl. 143]. Muster dieses Papiers waren über die IGEPa erhältlich [vgl. 144]. Als unkalandrierte Variante wird die Familie *Target – Ready to Print* angenommen – zumindest ist auf der zugehörigen Webseite [145] nichts von einer Glättung zu erfahren. Aus dieser Familie wurde das *Target Personal* in 80 g/m² gewählt, da es den weitesten Grammaturnbereich hat. Die Muster hiervon stammten von Berberich Papier [vgl. 146].
- Ein ColorPRO-Papier wurde beim Hersteller Metsä unter dem Namen *Modo Jet PRO* gefunden [vgl. 147]. Mit diesem verwandte Papiere sind *Modo Jet* mit einer Rauigkeit von 200 ml/min, und dessen glattere (kalandrierte) Variante *Modo Jet Plus* mit 120–140 ml/min, die beide für Inkjets allgemein optimiert sind [vgl. 148 & 149]. Das *Modo Jet PRO* hat dabei nahezu die gleiche Rauigkeit wie das *Modo Jet Plus*. Es wurden bei Metsä Muster aller drei Papiere in 80 g/m² angefragt – auch um Unterschiede zwischen allgemeinen Inkjet-Papieren und ColorPRO-Varianten festzustellen.
- Um nun noch die Wirkung einer Kalandrierung bei einem ColorPRO-Papier untersuchen zu können, wurde das Angebot von Crown van Gelder untersucht. Dort sind diverse Papiere jeweils mit und ohne ColorPRO erhältlich – und oft noch in einer dritten Variante für Farbstofftinten [vgl. 150]. Entsprechend sind hier nur Papiere mit einer ähnlichen Helligkeit weiter untersucht worden. Was deren Kalandrierung angeht, ist das *Letsgo High Performance Pigment (ColorPRO)* mit 200 ml/min Rauigkeit sicher unkalandriert und das *Letsgo Universal Pigment (ColorPRO)* mit 100 ml/m² wahrscheinlich dessen kalandrierte Variante. Zudem existiert mit *Letsgo Bright Silk (ColorPRO)* ein mehrfach kalandriertes ColorPRO-Papier mit einer überaus geringen Rauigkeit von 20 ml/min. Letzteres ist auch in einer Variante namens *Letsgo Bright Silk Dye / Pigment* als allgemeines Inkjet-Papier erhältlich. Als reine Pigmenttinten-Papiere ohne ColorPRO-Technologie hat Crown schließlich noch *Letsgo Bright Entry Pigment* mit einer Rauigkeit von 200 ml/min (und damit unkalandriert) und *Letsgo Universal Pigment* mit der halben Rauigkeit im Angebot. Reine Farbstofftinten-Papiere sind schließlich *Letsgo Eco Dye (Higher Bulk)* mit wiederum 200 ml/min Rauigkeit und dessen kalandrierte Variante *Letsgo Eco Dye* mit der Hälfte [vgl. 151]. Von all diesen Papieren wurden direkt bei Crown Muster in 80 g/m² angefragt.

Was bislang überraschte, ist, dass bereits bei den Naturpapieren spezielle Varianten für Farbstofftinten, Pigmenttinten und Inkjet angeboten wurden – eine solche kleinteilige Aufteilung war eigentlich nur bei gestrichenen Inkjet-Papieren erwartet worden. Diese stellen jedenfalls den letzten Schritt der Vorauswahl dar.

- Eine große Auswahl diverser Varianten von Inkjet-Papieren stammt von Mitsubishi, deren Papierfabriken diese unter dem Namen *jetscript* herstellen. Auf diesen Namen folgt eine Buchstabenkombination für die Papiersorte und eine vierstellige Nummer, deren erste beide Stellen grob für die Grammatur stehen²⁸ und die letzten beiden Stellen die Art der Beschichtung angeben [vgl. 152]. Durch letzteres kann auch die Wiederholbarkeit der Versuche gesteigert werden. Im *jetscript*-Papierkatalog [153] sind die Beschichtungen weiterhin nach »economy coating«, »standard coating«, »premium coating«, »cast coated« sowie »resin coated« eingeteilt – wobei letzteres aber wegen der hohen Grammaturen ausgeschlossen wird, da diese einen Vergleich mit den ungestrichenen Inkjet-Papieren erschweren würden. Denn beispielsweise wird die Beschichtung #20 nur in 90 g/m² angeboten – entsprechend wurden die anderen Striche in einem ähnlichen Grammaturbereich ausgewählt. Um alle Kombinationen an Sorten und Strichen abzudecken, wurden nach Durcharbeiten von [153] beim Hersteller Muster folgender Papiere angefragt: *jetscript MZ 9084* (84 g/m², economy coating #84, einseitig), *jetscript DT 9002* (90 g/m², economy coating #02, beidseitig), *jetscript ML 9084* (85 g/m², standard coating #84, einseitig), *jetscript DL 9084* (89 g/m², standard coating #84, beidseitig), *jetscript DLS 9020* (standard coating #20, beidseitig), *jetscript GS 1061* (95 g/m², premium coating #61, einseitig), *jetscript DS 9041* (90 g/m², premium coating #41, beidseitig), sowie *jetscript L 8504* (cast coating #04, einseitig).
- Mikroporös gestrichene Papiere in diesem Grammaturbereich werden von Felix Schoeller hergestellt [vgl. 154], namentlich das *TRUST economy* in 100 g/m² und das *JET-SPEED label stock* in 95 g/m². Entsprechend wurden von beiden Papieren Muster angefragt – aber weiterhin auch vom *JET-SPEED master silk* und vom *JET-SPEED master gloss* in deren niedrigsten verfügbaren Grammaturen von 130 g/m². Auf den beiden letztgenannten Papieren soll die Wirkung einer Kalandrierung auf eine (mikro-)poröse Beschichtung festgestellt werden.
- Wasserquellbare Beschichtungen sind selten geworden, da wegen ihrer langen Trockenzeit von 20 Minuten schnell ein Koaleszenzeffekt auftritt, wenn man sie zu schnell bedruckt [vgl. 155].
- Lediglich zum *HP Everyday Photo Paper* wird auf [156] angegeben, dass es eine solche besitzt – das Papier ist also gezwungenermaßen eine Referenz, obwohl HP an sich kein Papierhersteller ist. Das Papier war dafür im Einzelhandel verfügbar, aber leider nur in einem sehr hohen Flächengewicht von 200 g/m². Um Alternativen hierzu zu finden, wurden das Indiz herangezogen, dass ein wasserquellbares Inkjetpapier nur für Farbstofftinten tauglich ist – nicht aber für Pigmenttinten [vgl. 110, S. 1]. Das *EMBLEM Star Photo Semimatt Paper 3* ist in [157] derartig gekennzeichnet – entsprechend wurden hiervon Muster angefragt, obwohl es in [158] explizit als PE-Papier beschrieben wird und mit 170 g/m² ebenfalls eine sehr hohe Grammatur besitzt. Weiterhin vertreibt der Papierhändler Complot (eine Tochterfirma der Papier-Union) ein *powerJet Fotopapier Dye* – ebenfalls in 170 g/m², aber in *satın* und *glossy*, sodass auch hier der Einfluss einer Kalandrierung untersuchbar wäre [vgl. 159]. Die Anfrage nach Mustern endete aber wieder bei Felix Schoeller, von wo Muster des Papiers *Ultra 8 seidenmatt* bzw. *glänzend* in der gleichen Grammatur geschickt wurden – diese sollten also hinter dem *powerJet*-Papier stecken. Auch diese Papiere sind laut [160] speziell für Farbstofftinten konzipiert. Schließlich wurde durch [161, S. 5] das für Farbstofftinten konzipierte Papier *Promoprint D* des schweizerischen Papierherstellers Cham entdeckt, das auch in einer zu den *jetscript*-Papieren vergleichbaren Grammatur von 90 g/m² erhältlich ist. Da hiervon auch eine Version für Pigmenttinten (*Promoprint P*) in der gleichen Grammatur existiert, wurden beide *Promoprint*-Varianten beim Hersteller angefragt.
- Zu lösemittelquellbaren Papieren wurde schließlich das Programm des Papierherstellers Sihl [162] durchgesehen, da bei diesem auch Papiere speziell für Lösemitteltinten gesucht werden können. Diese haben im Vergleich zu anderen Herstellern zudem ein geringes Flächengewicht, das zu dem der vorher ausgewählten Mohawk- und UPM-Papiere passt.²⁹ Das leichteste Papier, das bei in den Suchergebnissen für »Inkjet mit Lösemitteltinte« [163] auftauchte, war das *EcoArt Billboard Paper*

28 Ziffern mit geringen Wert geben ein Zehntel der eigentlichen Grammatur an, z.B. hätte ein Papier mit der Nummer 15xx eine Grammatur von 150 g/m².

29 Zum Beispiel beginnen die EMBLEM-Papiere für Lösemitteltinten erst bei 150 g/m² [vgl. 157].

mit 110 g/m²; weiterhin werden das *UniSolv BillArt Paper* in 120 g/m², das matte *TriSolv PostArt Paper* in 120 g/m² und ein glänzendes (kalandriertes?) *TriSolv PrimeArt Paper* in ebenfalls 120 g/m² angeboten. Anhand der letzteren beiden kann wieder der Einfluss der Kalandrierung festgestellt werden – allerdings sind sie in der genannten Grammaturnur als *blueback* mit einer blauen Rückseitenfärbung verfügbar. Entsprechend wurden auch die Muster der anderen beiden Papiere als *blueback* angefragt.

Aus den hier genannten Papieren wurden schließlich die final bedruckten und deinkten Papiere ausgewählt. Wie erwähnt, wurden dazu Mikroskopaufnahmen der Oberfläche, Cobb-Versuche und Blistering-Tests durchgeführt. Die entsprechenden Methoden sollen nun kurz beschrieben werden.

d) Methodik der Mikroskopaufnahmen per Laserscanning

Für die Mikroskopaufnahmen konnte kein klassisches optisches Mikroskop verwendet werden, da die Fasern eines Papiers erstens nicht unbedingt plan liegen müssen und zweitens die Oberfläche eines Papieres eine so hohe Rauigkeit hat, dass sie sich nie komplett im Fokus eines Mikroskops befinden würde. Ein solches Bild hätte entsprechend immer unscharfe Stellen. Um dieses Problem zu umgehen, wurden die Papiere mit dem Laserscanning-Mikroskop *Keyence VK-9710* betrachtet, das am Fraunhofer IPA in Stuttgart zu Verfügung stand.

Dieses Gerät funktioniert so, dass ein Laserstrahl die Oberflächen in verschiedenen Z-Abständen abtastet, die Reflexion misst und die Helligkeits- und Farbwerte aus allen gemessenen Z-Ebenen schließlich zu einem scharfen Gesamtbild zusammenfügt.

Da ein solcher Scan mehrere Minuten dauern kann, darf das untersuchte Papier während des Scans nicht flattern. Um es zu fixieren, wurde daher eine metallene Lochplatte aus einem Hornbach-Baumarkt mit nicht-permanentem Sprühkleber (*UHU 3 in 1 Sprühkleber*) besprüht und der Kleber 30 Minuten trocknen gelassen, sodass dieser eine nicht-permanente Klebewirkung erzielte. Auf der Lochplatte konnten dann Abschnitte von Vorder- und Rückseite von zwei Papieren fixiert werden, indem sie auf den Kleber aufgelegt und dann kurz mit der Hand fest gestrichen wurden. Dabei wurden Handschuhe getragen, um Verunreinigungen des Papiers zu vermeiden.

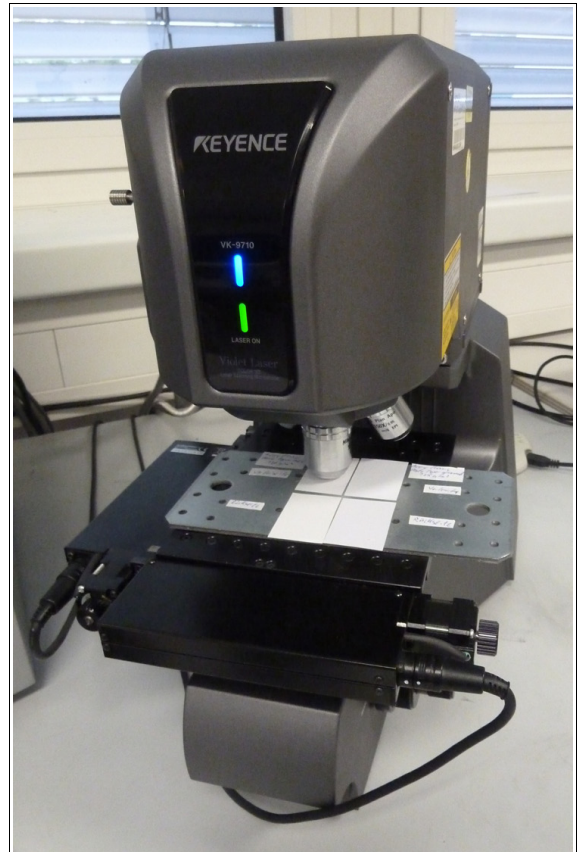


Bild 36: Das Keyence VK-9710 vor dem Scan der nicht-permanent aufgeklebten Papiere

Bild 36 zeigt dieses Papier-Arrangement zusammen mit dem Keyence VK-9710 im Zustand direkt vor einem Scan. Dieser wurde mit den Einstellungen ›Z-Schrittweite: 0,1 µm‹ und ›Qualität: Superhohe Auflösung‹ durchgeführt, wobei vor einem Scan noch der entsprechende Z-Bereich manuell festzulegen und die ›Automatische Verstärkung‹ zu aktivieren war. Weiterhin mussten die Papiere erst mit dem 50x-Objektiv und der Kamera des Mikroskops betrachtet werden, damit fehlerhafte Stellen (Kratzer, Schmutz o.dgl.) ausgeschlossen werden konnten. Danach auf das 150x-Objektiv gewechselt, der Oberflächenscan durchgeführt und das entstandene Bild in der ›Darstellungsart: Laser+Farbe, OTC ein‹ gespeichert.

e) Saugfähigkeits-Tests per Cobb₃₀-Methodik

Zur Durchführung der die Cobb-Tests wurden von den Papieren zu allererst mit der in Bild 37 gezeigten Stanze Scheiben im Durchmesser von 125 mm ausgestanzt und auf der Rückseite beschriftet. Dieser Durchmesser wird in der aktuellen Norm ISO 535 als angemessen für die üblichen Messgeräte angesehen [vgl. 164, S. 7]. Zudem hat dies den Vorteil, dass alle Papiere die gleiche Grundfläche besitzen, sodass die Flüssigkeitsaufnahme nach den Versuchen auch in Prozent vom Ursprungsgewicht angegeben werden kann.

Die Norm gibt zwar vor, dass pro Papier 10 Probestücke zu untersuchen sind [vgl. 164, S. 7], aber da die Papiere nur der Vorauswahl dienen, wurde sich auf 3 Scheiben pro Papierseite und Prüfflüssigkeit beschränkt – mit Ausnahme von beidseitig gestrichenen Papieren, wo die Seiten nicht separat untersucht werden müssen, und den *Letsgo Silk*-Papieren, wo wegen der starken Kalandrierung keine Unterschiede zwischen den Seiten mehr erkennbar waren. Bei diesen Papieren wurden pro Flüssigkeit drei Versuche durchgeführt.

Nach Kennzeichnen der Seiten, Stanzen der Proben und deren Beschriftung auf der Rückseite wurden die Samples zusammen mit dem verwendeten Wasser bzw. Rizinusöl klimatisiert. Dies geschah, indem sie übers Wochenende bei Normalklima³⁰ im Klimaraum vom Fachgebiet Papierfabrikation und Mechanische Verfahrenstechnik der TU Darmstadt gelagert wurden, wo später auch die Cobb-Versuche stattfanden

Die hierzu nötige Ausrüstung ist in Bild 38 zu sehen. Das Cobb-Messgerät selbst besteht aus einem Gefäß mit dicht verschließbarem Deckel, welches auf den Kopf gedreht werden kann. Das Cobb-Messgerät wird anfangs mit soviel Wasser bzw. Öl gefüllt, dass die im inneren vorhandene Spitze gerade bedeckt war und bei Bedarf nachgefüllt. Um den Versuch nun durchzuführen, wird eine Papierscheibe erst gewogen und deren Gewicht notiert. Danach wird sie (mit der Beschriftung nach oben) in das Cobb-Messgerät eingelegt, dessen Deckel verschlossen und das Messgerät umgedreht. Zu diesem Zeitpunkt wird eine Stoppuhr gestartet.

Je nachdem, welche Art Material untersucht wird, kann die Zeit variieren, in welcher die Flüssigkeit nun auf das Papier einwirkt. Die in [164, S. 8] gegebenen Zeiten sind 30, 60, 120, 300 oder 1800 Sekunden. Da die aufgenommene Flüssigkeitsmenge mit steigender Zeit zunimmt, müssen die verwendeten Zeiten mit angegeben werden. Normalerweise geschieht dies, indem die entsprechende Zeit an das Wort ›Cobb‹ angehängt und tiefgestellt wird. Ein Versuch mit 30 Sekunden langer Flüssigkeitsaufnahme wird entsprechend als Cobb₃₀ bezeichnet.

Die genannten Zeiten werden aber vom Abgautschen her gerechnet – da die Probe bis dahin auch aus dem Messgerät entnommen und auf einen Gautschkarton gelegt werden muss, wird von der Gesamtzeit eine Entnahmezeit abgezogen, zu welcher das Gefäß mit dem Wasser wieder zurück in die Normalposition gedreht wird. Diese Zeit beträgt 10 Sekunden beim Cobb₃₀-Test; ansonsten 15 Sekunden [vgl. 164, S. 8].



Bild 37: Stanze zum Herstellen der Paperscheiben für Cobb-Versuche

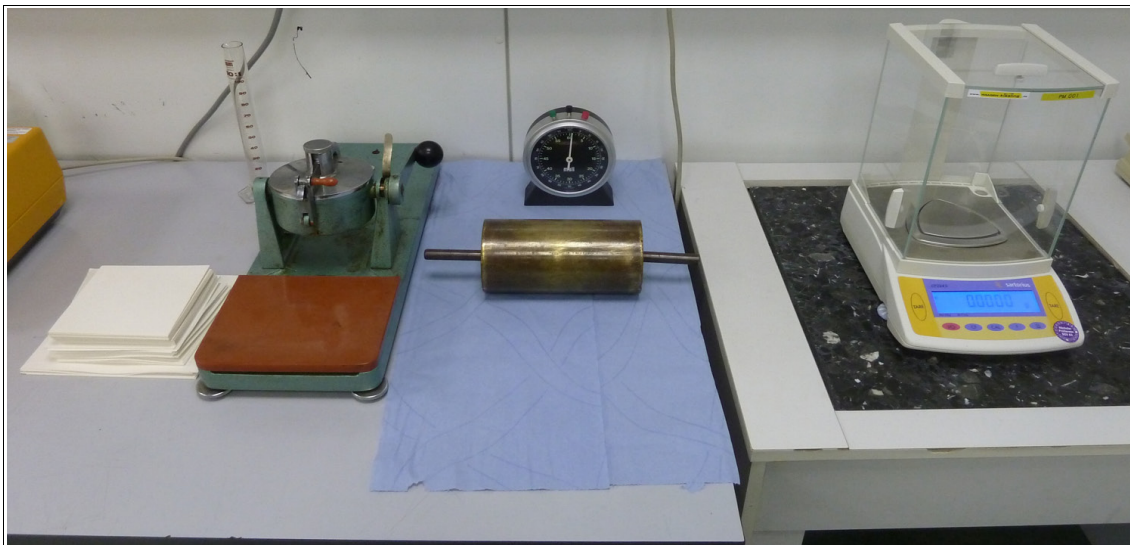


Bild 38: Geräte und Materialien zum Durchführen der Cobb-Versuche. Von links nach rechts: Gautschkartons, Messzylinder, Cobb-Messgerät, Abgautschwalze, Stoppuhr und Feinwaage.

³⁰ Es wird in [164, S. 6] auf die ISO 187 verwiesen, die in deutscher Übersetzung als DIN EN 20187 vorliegt [vgl. 165, Titelblatt]. In dieser wird das Normalklima mit 23 ± 1 °C und 50 ± 2 % relativer Luftfeuchte definiert [vgl. 165, S. 2].

Nun wird der Deckel des Flüssigkeitsbehälters geöffnet, die Probe wird am Rand des Messgeräts abgestrichen (wichtig besonders bei den Öl-Messungen, da sich sonst zu viel Öl auf der Probe befindet, als dass es vollständig abgegauscht werden könnte) und mit der Beschriftung nach unten auf einen Gautschkarton gelegt. Ist die Gesamtzeit erreicht, wird ein zweiter Gautschkarton auf die feuchte Probe gelegt und eine schwere Messingwalze einmal komplett über die bedeckte Probe und wieder zurück gerollt. Danach wird der obere Gautschkarton abgenommen und die Probe schnell gewogen. Wird Wasser als Prüfmedium verwendet, ist es sinnvoll, die Probe vorm Wiegen schnell zusammenzufalten, um Gewichtsverluste durch Verdunsten zu vermeiden.

Da bei diesen Versuchen einige dünne Papiere mit nur 80 g/m² untersucht werden, wurde sich für die geringste normgerechte Gesamtzeit entschieden: 30 Sekunden. Die detaillierten Ergebnisse der Cobb₃₀-Versuche findet sich in Anhang A.

f) Methodik der Blistering-Tests

Vor Beginn der Blistering-Tests sind die zu untersuchenden Papiere nach [113, S. 5] ebenfalls im Normalklima nach EN 20187 zu klimatisieren. In dieser Norm ist auf [165, S. 3] vermerkt, dass normale Papiere bei guter Luftzirkulation bereits nach 4 Stunden klimatisiert sind – entsprechend wurde es für ausreichend erachtet, dass die Papiere vor den Versuchen 5 Stunden in einer entsprechend eingestellten Klimakammer gelagert wurden. Neben der Klimakammer muss nun noch eine Heizplatte stehen, die per Thermostat gesteuert wird und auf ihr ein mit Silikonöl gefülltes Becherglas. Beim Fraunhofer IPA in Stuttgart war eine solche Kombination aus Klimakammer (Typ *Vötsch VCV 4060-5*) und Thermostat verfügbar (siehe Bild 39).

Zum Beginn des Tests wurde das Becherglas mit 200 ml Silikonöl der Viskosität 100 cps gefüllt und dieses auf die in [113, S. 5] vorgegebene Temperatur von 160 °C geheizt. Das zu prüfende Papier wurde nun aus der Klimakammer entommen, ein etwa 2 cm breiter und 5 cm langer Streifen abgeschnitten, dieser an einer Klemme befestigt und mit deren Hilfe für 3–5 Sekunden in das heiße Silikonöl getaucht. Danach wurde das Papier auf ein Löschpapier gelegt und mit einem zweiten Stück Löschpapier das noch darauf vorhandene Silikonöl entfernt. Es wurde nun geschaut, ob der Papierstreifen Blasen geworfen hat – ist dies nicht der Fall, gilt der Test als bestanden.

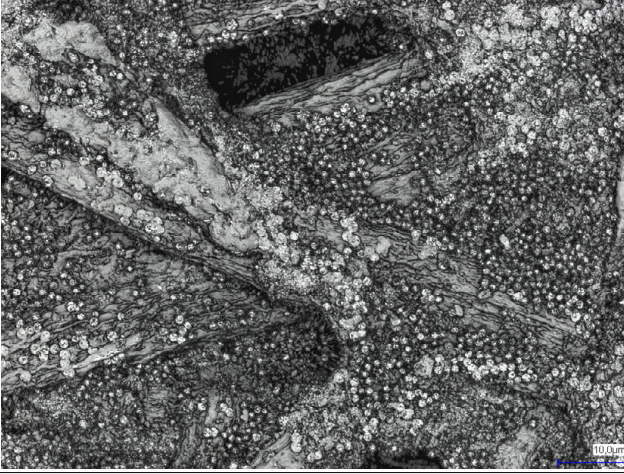
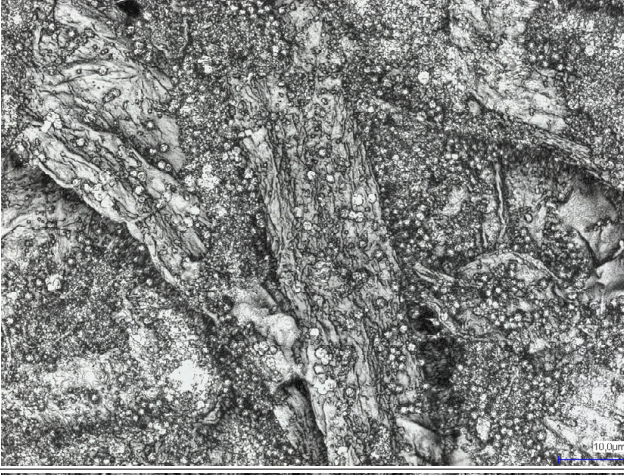
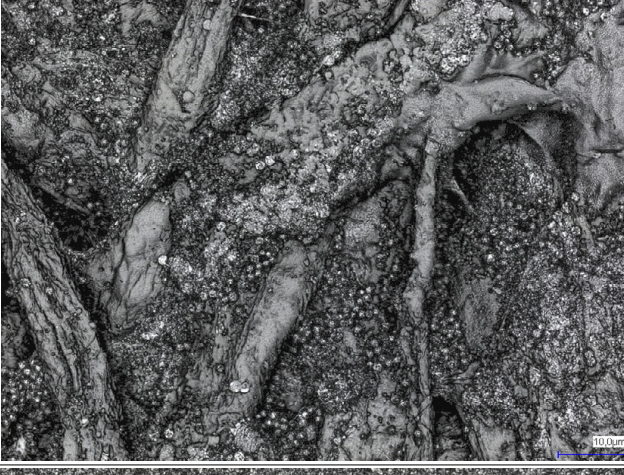
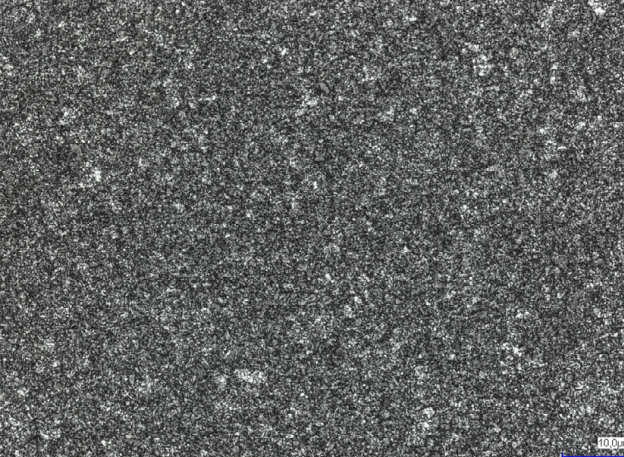


Bild 39: Geräte und Materialien für die Blistering-Tests: Klimakammer; Heizplatte mit Thermostat sowie Silikonöl

Wurden Blasen festgestellt (deren Entstehung in diesem Fall auch im Öl deutlich sichtbar war), wurde dieses Verhalten für das entsprechende Papier vermerkt. Nach Beendigung aller Versuche für die 160 °C wurde dann die Temperatur des Silikonöls um 10 °C gesenkt und der Blistering-Test bei dieser Temperatur wiederholt. Dies wurde bis zu einer Temperatur von minimal 110 °C weitergeführt.

g) Ergebnisse der Vorversuche und finale Papierauswahl

Die Ergebnisse der Vorversuche sollen nun in Tabelle 1 zusammengestellt werden. Diese enthält zwar das Mikroskopbild, eine zugehörige Beschreibung und das Ergebnis der Blistering-Tests – aber nur die Mittelwerte der Cobb-Tests und nicht die Gewichte der untersuchten Papierscheiben. Aus diesem Grund sei für die vollständigen Daten auf Anhang A verwiesen.

<p>Mohawk Options 100% PC White Smooth 120 g/m² (kalandriert)</p> <p><i>Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – weniger geglättete Seite</i> aufgenommene Masse an Wasser: 0,959 g; entspr. 67,301% aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,199 g; entspr. 13,749%</p> <p><i>Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – stärker geglättete Seite</i> aufgenommene Masse Wasser: 0,954 g; entspr. 66,012 % aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,185 g; entspr. 12,833 %</p> <p><i>Blistering-Prüfung</i> bestanden</p> <p><i>Das Mikroskopbild zeigt eine hauchdünne Pigmentierung aus einem kugelförmigen Pigment, das sehr saugfähig zu sein scheint und daher als porös eingeschätzt wird. Die Saugfähigkeit der Vorder- und Rückseite ist fast identisch.</i></p>	
<p>Mohawk Loop Eco White Vellum 118 g/m² (unkalandriert)</p> <p><i>Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – rauere Seite</i> aufgenommene Masse an Wasser: 0,663 g; entspr. 45,105% aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,377 g; entspr. 25,429%</p> <p><i>Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – glattere Seite</i> aufgenommene Masse Wasser: 0,555 g; entspr. 37,265% aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,370 g; entspr. 24,753%</p> <p><i>Blistering-Prüfung</i> bestanden</p> <p><i>Das Mikroskopbild zeigt ein ähnliches Bild wie beim Options. Allerdings scheinen die Pigmente hier etwas größer zu sein. Im Gegensatz zum Options sind die Saugfähigkeiten hier weit ausgeglichener.</i></p>	
<p>Mohawk Loop Eco Cream Supersmooth 118 g/m² (kalandriert)</p> <p><i>Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – weniger geglättete Seite</i> aufgenommene Masse an Wasser: 0,580 g; entspr. 39,133% aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,196 g; entspr. 13,236%</p> <p><i>Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – stärker geglättete Seite</i> aufgenommene Masse Wasser: 0,344 g; entspr. 23,357% aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,190 g; entspr. 12,823%</p> <p><i>Blistering-Prüfung</i> bestanden</p> <p><i>Wie erwartet ist die Saugfähigkeit hier geringer als bei der unkalandrierten Version. Aber gerade beim Wasser liegt sie weit unter der des Options Smooth – und das, obwohl die Papiere unterm Mikroskop ähnlich aussehen.</i></p>	
<p>UPM Finesse premium silk 115 g/m² (unkalandriert)</p> <p><i>Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – beidseitig</i> aufgenommene Masse an Wasser: 0,213 g; entspr. 15,358% aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,076 g; entspr. 5,395%</p> <p><i>Blistering-Prüfung</i> bestanden</p> <p><i>Das Mikroskopbild zeigt eine klassische Kreide-Kaolin-Mischung. Deren Saugfähigkeit beträgt lediglich die Hälfte des kalandrierten Mohawk Loop.</i></p>	

UPM Finesse gloss
115 g/m² (kalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – beidseitig

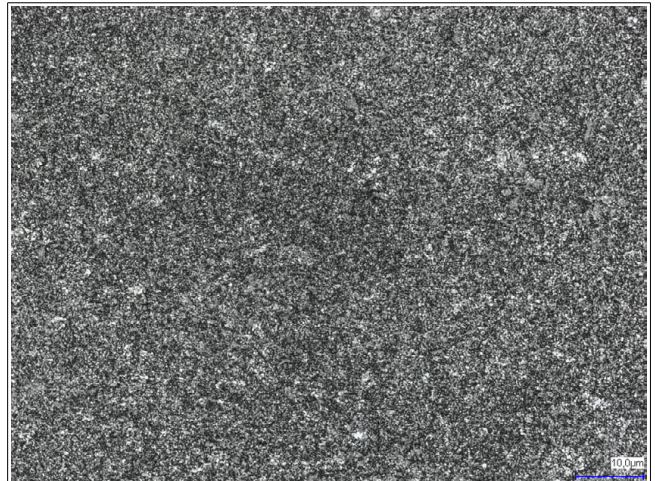
aufgenommene Masse an Wasser: 0,190 g; entspr. 13,995%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,064 g; entspr. 4,753%

Blistering-Prüfung

bestanden

Optisch sind kaum Unterschiede zur unkalandrierten Version zu sehen, aber wie erwartet ist die Saugfähigkeit nach der Kalandrierung für beide Flüssigkeiten etwas zurück gegangen.



UPM Finesse premium silk H
115 g/m² (unkalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – beidseitig

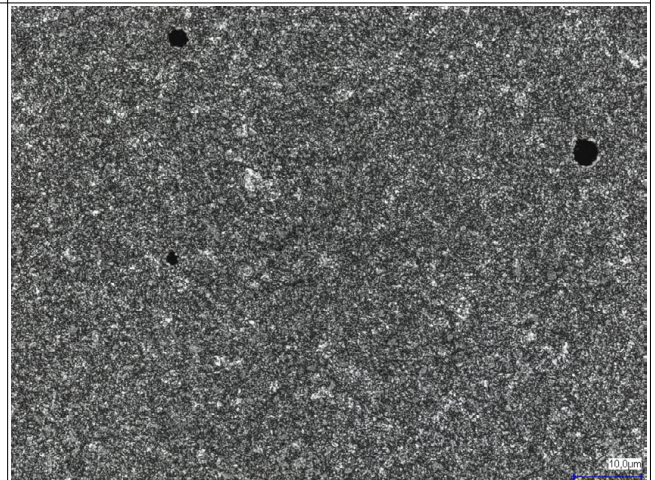
aufgenommene Masse an Wasser: 0,154 g; entspr. 11,046%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,064 g; entspr. 4,575%

Blistering-Prüfung

bestanden

Das Mikroskopbild zeigt auf der Rückseite diverse Poren, durch die wahrscheinlich der beim Heatset im Papier entstehende Wasserdampf entweichen kann. Die Saugfähigkeit liegt dennoch unter jener der Standardbeschichtung.



UPM Finesse gloss H
115 g/m² (kalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – beidseitig

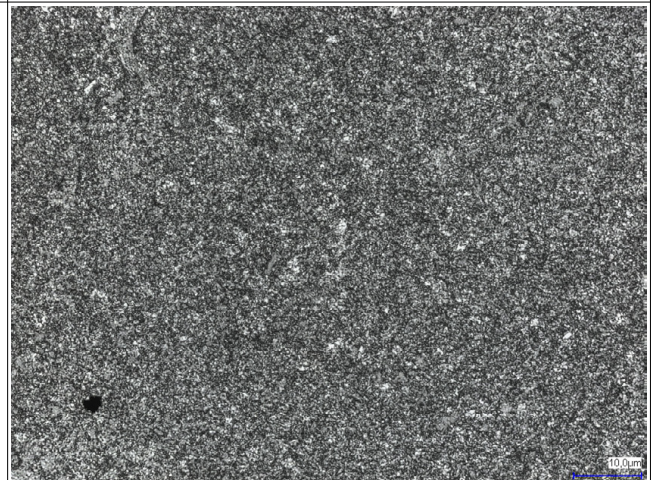
aufgenommene Masse an Wasser: 0,131 g; entspr. 9,070%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,054 g; entspr. 3,775%

Blistering-Prüfung

bestanden

Abgesehen von der geringeren Porenzahl ist dieses Bild optisch identisch mit der unkalandrierten Version. Die Saugfähigkeit liegt hier wieder niedriger als dort.



UPM Finesse premium silk G
115 g/m² (unkalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – beidseitig

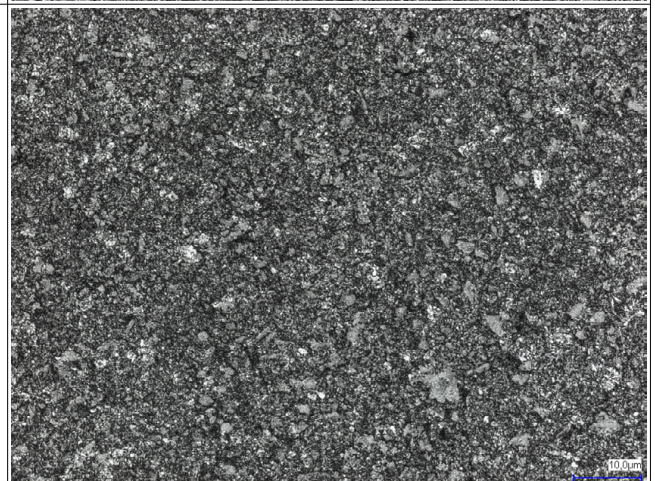
aufgenommene Masse an Wasser: 0,220 g; entspr. 15,580%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,088 g; entspr. 6,270%

Blistering-Prüfung

bestanden

Die Saugfähigkeit liegt im Bereich der Standardbeschichtung, aber die Materialien sind hier andere, wie das Mikroskopbild zeigt: Es sind viele größere plättchenförmige Partikel zu finden; Talk oder Kaolin sind wahrscheinlich.



UPM Finesse gloss G
115 g/m² (kalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – beidseitig

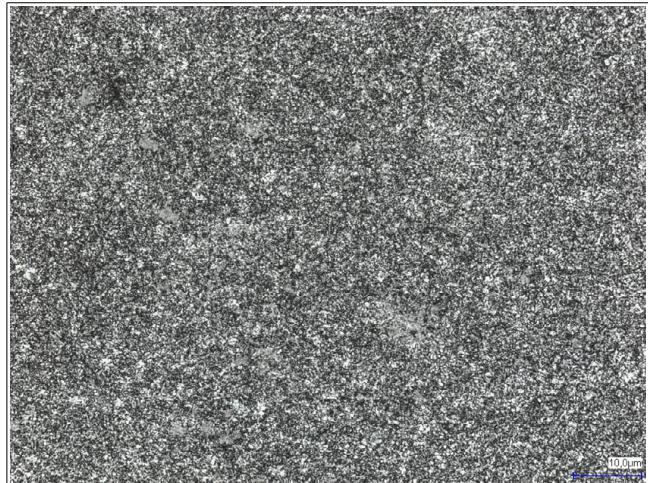
aufgenommene Masse an Wasser: 0,215 g; entspr. 15,324%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,070 g; entspr. 4,991%

Blistering-Prüfung

bestanden

Die Saugfähigkeit ist nur minimal kleiner als bei der unkalandrierten Variante. Durch die Kalandrierung wurden aber die Partikel auf der Oberfläche etwas zerkleinert, wie das Mikroskopbild zeigt.



UPM Digi Finesse premium silk
115 g/m² (unkalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – beidseitig

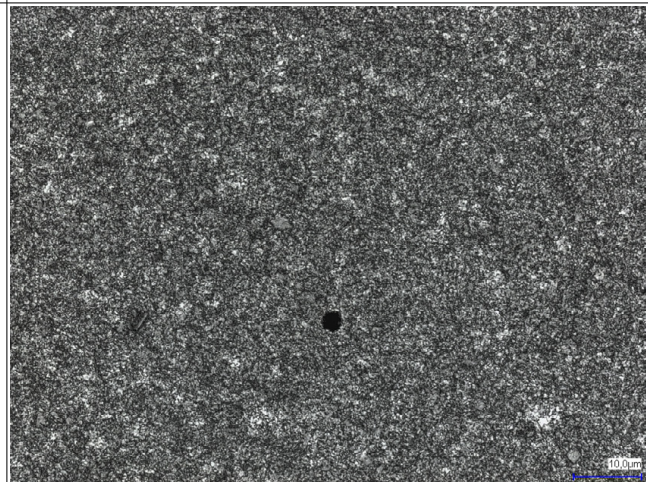
aufgenommene Masse an Wasser: 0,128 g; entspr. 9,129%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,049 g; entspr. 3,488%

Blistering-Prüfung

bestanden

Die Saugfähigkeit ist die geringste aller unkalandrierten UPM-Papiere. Optisch ähnelt es dem Heatset-Papier, da auch hier auf einiger Seite wenige Poren zu finden sind.



UPM Digi Finesse gloss
115 g/m² (kalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – beidseitig

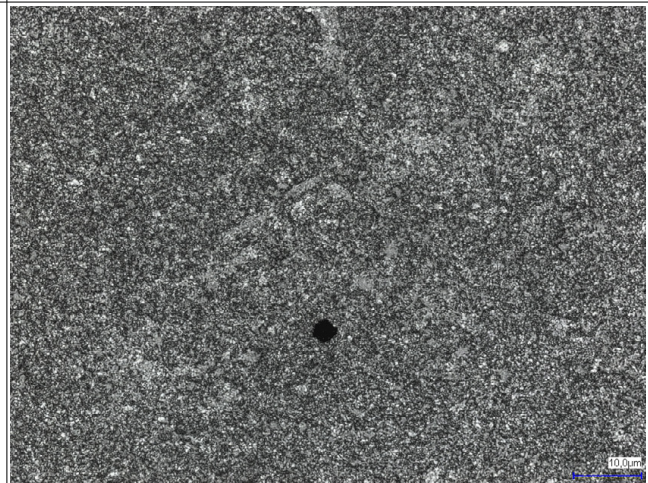
aufgenommene Masse an Wasser: 0,128 g; entspr. 8,955%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,067 g; entspr. 4,672%

Blistering-Prüfung

bestanden

Wie bei den Tiefdruck-Papieren unterscheidet sich die Saugfähigkeit hier kaum von der unkalandrierten Variante. Auch optisch sind sie wieder ähnlich.



Mohawk Superfine Ultrawhite Eggshell
118 g/m² (unkalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – rauere Seite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,159 g; entspr. 11,983%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,627 g; entspr. 46,347%

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – glattere Seite

aufgenommene Masse Wasser: 0,359 g; entspr. 26,233%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,625 g; entspr. 45,862%

Blistering-Prüfung

bestanden

Die Saugfähigkeit des Papiers liegt für Öl höher als für Wasser – ein möglicher Grund, warum die i-Tone-Beschichtung gut mit Tonerdruckern funktionieren soll. Unterm Mikroskop sieht man diese in Form von Leimfäden.



Mohawk Superfine Ultrawhite Smooth
118 g/m² (kalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – weniger geglättete Seite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,177 g; entspr. 14,311%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,278 g; entspr. 22,569%

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – stärker geglättete Seite

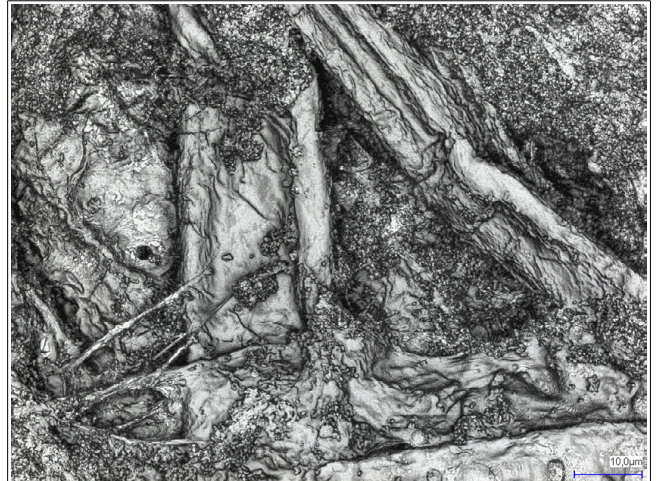
aufgenommene Masse Wasser: 0,154 g; entspr. 10,796%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,287 g; entspr. 20,087%

Blistering-Prüfung

bestanden

Die Saugfähigkeit wurde durch die Kalandrierung vor allem für das Öl herabgesetzt. Auf jeden Fall unterscheiden sich hier die beiden Seiten kaum. Optisch sieht das Papier aus wie die unkalandrierte Variante.



IGEPA maxioffset
120 g/m² (unkalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – rauere Seite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,210 g; entspr. 14,653%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,565 g; entspr. 39,093%

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – glattere Seite

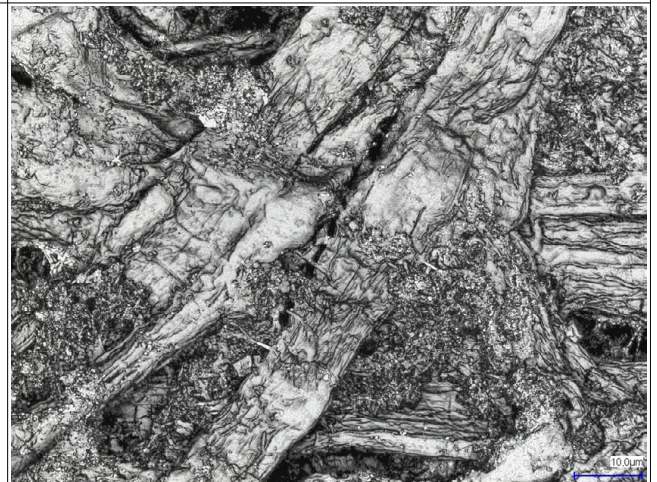
aufgenommene Masse Wasser: 0,226 g; entspr. 15,838%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,577 g; entspr. 40,152%

Blistering-Prüfung

bestanden

Trotz der fehlenden Kalandrierung unterscheiden sich die beiden Seiten des Papiers kaum. Die höhere Saugfähigkeit für Öl war aber anzunehmen – immerhin ist dieses Papier für den klassischen Offsetdruck und seinen Ölfarben hergestellt. Unterm Mikroskop sieht man Leimfäden, und mit Pigmenten (Füllstoffen) verklebte Stellen.



IGEPA maxiscript
120 g/m² (kalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – weniger geglättete Seite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,201 g; entspr. 13,855 %

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,264 g; entspr. 18,251%

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – stärker geglättete Seite

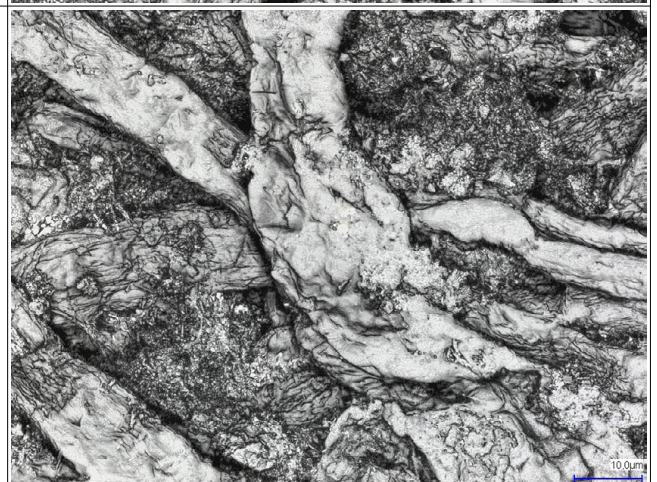
aufgenommene Masse Wasser: 0,197 g; entspr. 13,398%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,324 g; entspr. 22,242%

Blistering-Prüfung

bestanden

Wie bei Mohawk Superfine vermindert die Kalandrierung hier vor die Saugfähigkeit des Öls. Optisch bemerkt man die Glättung durch weniger Tiefe im Bild.



April Asia PaperOne All Purpose
80 g/m² (unkalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – Filzseite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,183 g; entspr. 17,976%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,484 g; entspr. 47,382%

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – Siebseite

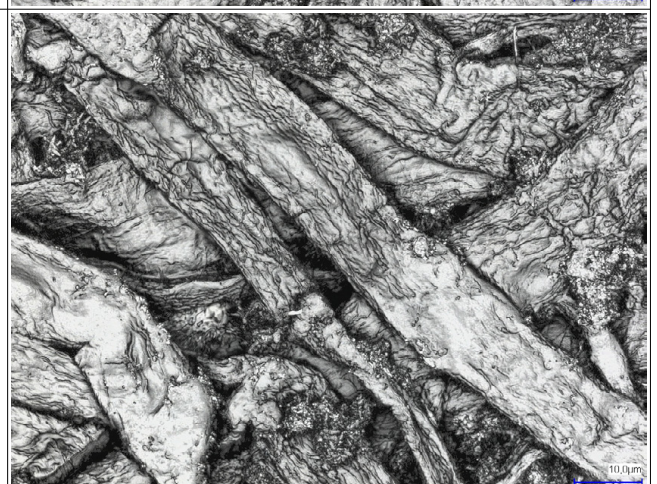
aufgenommene Masse Wasser: 0,202 g; entspr. 19,795%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,489 g; entspr. 47,913%

Blistering-Prüfung

bestanden

Dafür, das dieses Papier nicht für den Offsetdruck gedacht ist, liegen seine Cobb-Werte überraschend nah am maxioffset. Auch optisch ähneln sie sich – die ProDigi Nanotechnology ist auf jeden Fall nicht ausmachbar.



April Asia PaperOne Digital

85 g/m² (kalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – etwas rauere Seite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,187 g; entspr. 17,475%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,608 g; entspr. 56,800%

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – etwas glattere Seite

aufgenommene Masse Wasser: 0,192 g; entspr. 18,021%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,494 g; entspr. 46,465%

Blistering-Prüfung

bestanden

Die Werte unterscheiden sich (nimmt man den oberen Öl-Wert als Ausreißer) kaum vom All Purpose, ebenso wenig wie das Mikroskopbild.



Mondi DNS Premium

80 g/m² (unkalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – rauere Seite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,719 g; entspr. 71,044%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,458 g; entspr. 45,345%

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – glattere Seite

aufgenommene Masse Wasser: 0,766 g; entspr. 75,640%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,453 g; entspr. 44,599%

Blistering-Prüfung

bestanden

Ein Mikroskopbild und eine Öl-Saugfähigkeit wie beim PaperOne – aber Wasser saugt dieses Papier so stark, dass alle Samples damit durchgeschlagen sind.



Mondi DNS Color Print

80 g/m² (kalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – Filzseite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,190 g; entspr. 18,955%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,414 g; entspr. 41,622%

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – Siebseite

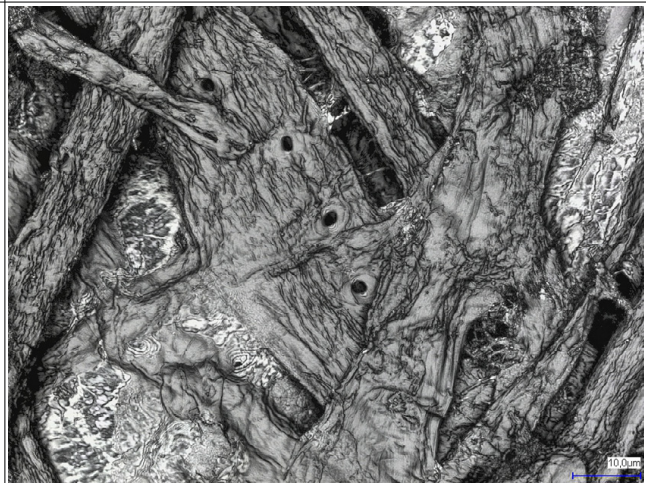
aufgenommene Masse Wasser: 0,206 g; entspr. 20,576%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,417 g; entspr. 41,811%

Blistering-Prüfung

bestanden

Die vielen Leimpfützen, die auf dem Mikroskopbild zu sehen sind und die Kalandrierung bringen die Wasser-Saugfähigkeit wieder zurück in den Rahmen des PaperOne; der Öl-Wert ist nur minimal geringer.



StoraEnso MultiCopy Original

80 g/m² (unkalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – rauere Seite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,315 g; entspr. 31,994%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,459 g; entspr. 46,395%

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – glattere Seite

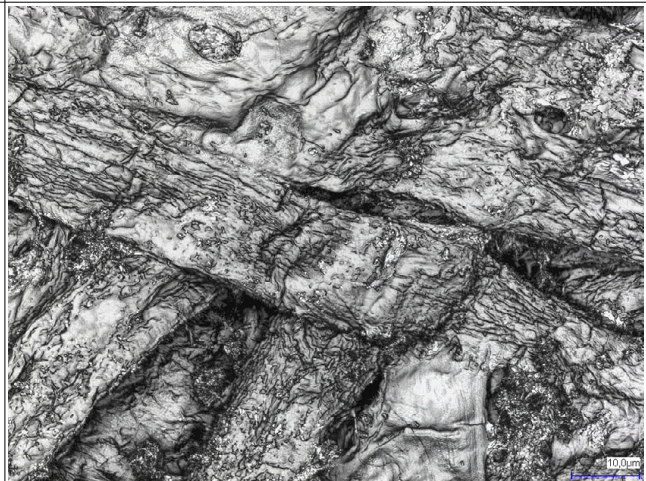
aufgenommene Masse Wasser: 0,317 g; entspr. 31,880%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,444 g; entspr. 44,578%

Blistering-Prüfung

bestanden

Ein Papier, dessen Saugfähigkeit für Öl als auch Wasser ziemlich hoch ist – trotz des vielen Leims und der Füllstoffe, die unterm Mikroskop zu sehen sind.



StoraEnso MultiCopy Colour Laser
80 g/m² (kalandritert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – leicht rauere Seite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,251 g; entspr. 24,749%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,380 g; entspr. 38,092%

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – leicht glattere Seite

aufgenommene Masse Wasser: 0,247 g; entspr. 24,595%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,394 g; entspr. 39,161%

Blistering-Prüfung

bestanden

Dieses Papier zeigt das erwartete Verhalten einer Kalandrierung. Die Leimung ist hier deutlich sichtbar.



International Paper Preprint-E
80 g/m² (unkalandriert?)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – Filzseite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,191 g; entspr. 19,100%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,458 g; entspr. 45,914%

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – Siebseite

aufgenommene Masse Wasser: 0,202 g; entspr. 20,050%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,414 g; entspr. 41,304%

Blistering-Prüfung

bestanden

Wie maxioffset, aber mit höherer Saugfähigkeit für Wasser. Das Ergebnis überrascht besonders im Vergleich mit dem DNS Premium, da je ebenfalls für alle Verfahren funktionieren soll. Optisch ähnelt es eher dem MultiCopy.



International Paper Preprint-S
80 g/m² (>smooth?)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – etwas rauere Seite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,210 g; entspr. 20,310%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,434 g; entspr. 42,044%

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – etwas glattere Seite

aufgenommene Masse Wasser: 0,212 g; entspr. 20,561%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,458 g; entspr. 44,310%

Blistering-Prüfung

bestanden

Rein mit bloßem Auge kann man hier schon von einer Kalandrierung ausgehen – immerhin kann man hier die beiden Papierseiten schlechter unterscheiden als beim Preprint-E. Die Saugfähigkeiten sind annähernd die gleichen wie dort.



Portucel Navigator
Universal 80 g/m² (kalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – leicht rauere Seite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,250 g; entspr. 24,696%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,496 g; entspr. 48,760%

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – leicht glattere Seite

aufgenommene Masse Wasser: 0,260 g; entspr. 25,594%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,497 g; entspr. 48,737%

Blistering-Prüfung

bestanden

Dafür, dass dieses Papier eindeutig kalandriert ist, ist die Saugfähigkeit für Öl sehr hoch; jene für Wasser liegt im Bereich des MultiCopy Colour Laser. Optisch sieht man ihm dies nicht an.



Portucel Target Personal

80 g/m² (unkalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ –

aufgenommene Masse an Wasser: 0,287 g; entspr. 28,744%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,524 g; entspr. 52,500%

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ –

aufgenommene Masse Wasser: 0,287 g; entspr. 28,956%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,509 g; entspr. 51,511%

Blistering-Prüfung

bestanden

Die Saugfähigkeiten sind generell etwas höher als beim Navigator – ein starkes Indiz dafür, dass dieses Papier nicht kalandriert ist. Auch optisch sieht man größere Stellen, die der Laser des Mikroskops nicht mehr auflösen konnte.



Metsä Modo Jet PRO

80 g/m² (unkalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – rauere Seite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,246 g; entspr. 24,744%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,425 g; entspr. 42,840%

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – glattere Seite

aufgenommene Masse Wasser: 0,242 g; entspr. 24,370%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,438 g; entspr. 43,996%

Blistering-Prüfung

bestanden

Wie schon beim ColorLok ist auch die ColorPRO-Technologie unterm Mikroskop nicht sichtbar – sie scheint also ebenfalls eine Oberflächenbehandlung zu sein. Die Saugfähigkeit ist dem Navigator ähnlich, die Menge an Füllstoffen und Leim optisch gesehen auch, die Fasern hingegen nicht.



Metsä Modo Jet

80 g/m² (unkalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – rauere Seite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,224 g; entspr. 22,234%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,458 g; entspr. 46,208%

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – glattere Seite

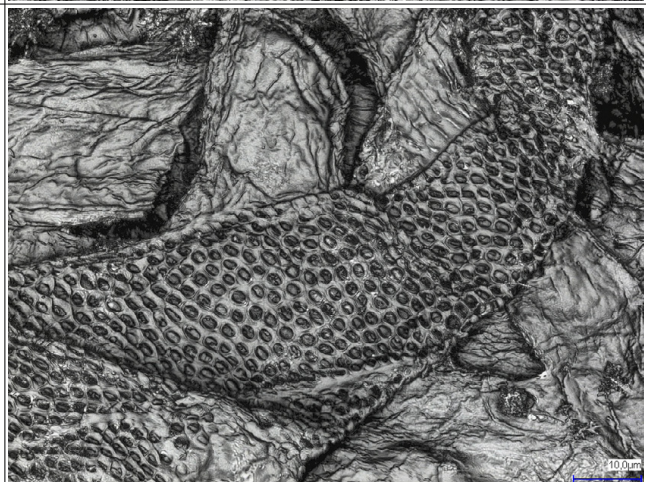
aufgenommene Masse Wasser: 0,209 g; entspr. 20,635%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,443 g; entspr. 44,055%

Blistering-Prüfung

bestanden

Die Werte sind ähnlich wie die des Modo Jet Plus, aber für Öl minimal höher und für Wasser etwas geringer. Optisch bemerkt man ähnliche Fasern, aber weniger Leimungsmittel.



Metsä Modo Jet Plus

80 g/m² (kalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – etwas rauere Seite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,240 g; entspr. 24,009%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,432 g; entspr. 43,042%

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – etwas glattere Seite

aufgenommene Masse Wasser: 0,252 g; entspr. 25,240%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,467 g; entspr. 46,758%

Blistering-Prüfung

bestanden

Trotz Kalandrierung ist dieses Papier Wasser gegenüber minimal saugfähiger, Öl gegenüber wie erwartet nicht. Optisch liegt es sehr nahe am Modo Jet PRO.



Crown Letsgo High Performance Pigment (ColorPRO)
80 g/m² (unkalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – rauere Seite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,763 g; entspr. 78,836%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,313 g; entspr. 31,866%

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – glattere Seite

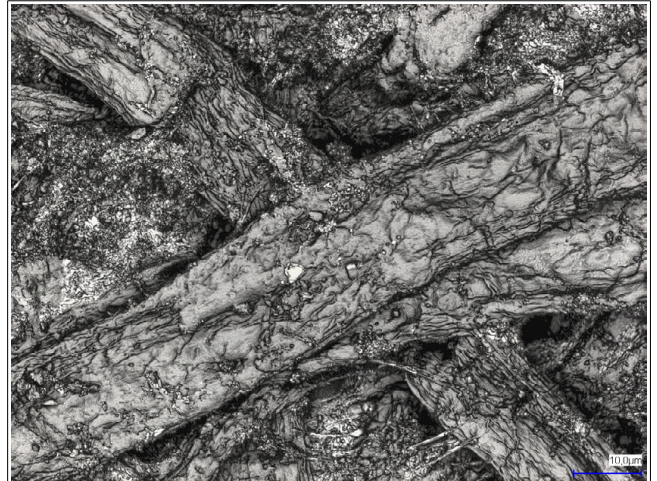
aufgenommene Masse Wasser: 0,770 g; entspr. 79,365%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,342 g; entspr. 35,324%

Blistering-Prüfung

bestanden

Verglichen mit dem Modo Jet PRO ist die Öl-Saugfähigkeit etwas geringer, dafür ist der Wert für Wasser so hoch, dass es beim Cobb-Test durchschlägt. Von den Fasern abgesehen finden sich hier die gleichen Leimpfützen und Füllstoff-Agglomerate wie beim Modo Jet PRO.



Crown Letsgo Universal Pigment (ColorPRO)
80 g/m² (kalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – etwas rauere Seite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,726 g; entspr. 75,419%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,334 g; entspr. 33,870%

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – etwas glattere Seite

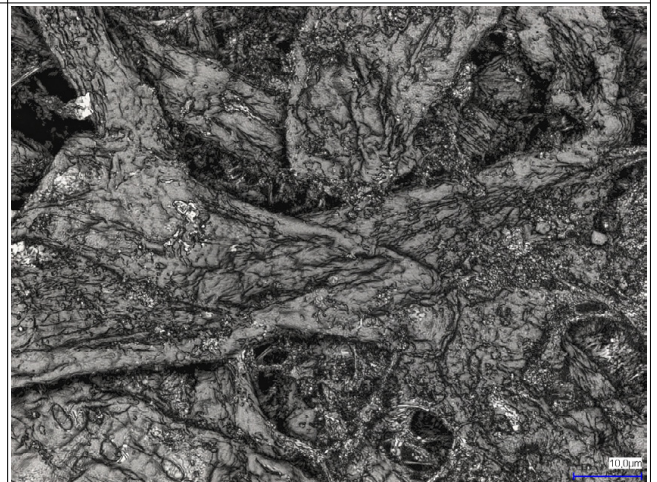
aufgenommene Masse Wasser: 0,707 g; entspr. 72,388%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,337 g; entspr. 34,267%

Blistering-Prüfung

bestanden

Die Kalandrierung hat nur wenig gegen das Durchschlagen des Wassers genützt.



Crown Letsgo Bright Silk Pigment (ColorPRO), 80 g/m² (mehrfach kalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – beidseitig

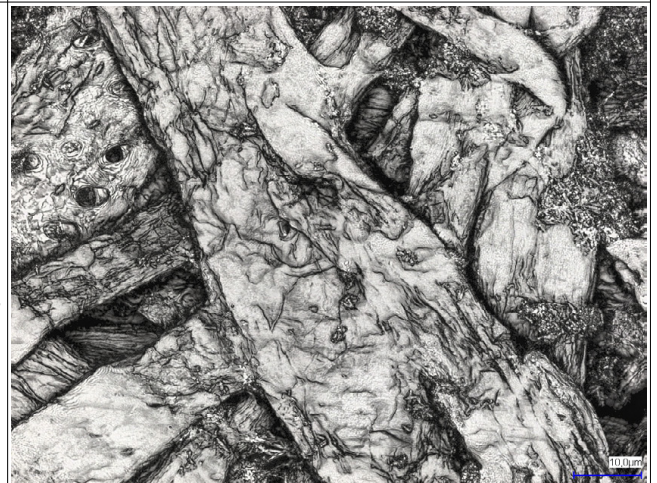
aufgenommene Masse an Wasser: 0,789 g; entspr. 77,724%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,251 g; entspr. 24,450%

Blistering-Prüfung

bestanden

Das Mikroskop zeigt, dass dies trotz des »silk« im Namen ein Naturpapier ist! Und wie bei den anderen ColorPRO-Papieren ist das Wasser durchgeschlagen. Öl ist das Papier immer noch recht saugfähig.



Crown Letsgo Bright Silk Dye / Pigment
80 g/m² (mehrfach kalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – beidseitig

aufgenommene Masse an Wasser: 0,772 g; entspr. 76,734%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,253 g; entspr. 24,439%

Blistering-Prüfung

bestanden

Die Saugfähigkeiten sind ähnlich wie bei der ColorPRO-Version (auch was das Durchschlagen des Wassers angeht). Die Kalandrierung und die Oberflächentechnologie allein sagen also noch nichts über diese aus. Auch optisch ist dieses Papier bestenfalls durch die fehlenden Leimpfützen von der ColorPRO-Variante zu unterscheiden.



Crown Letsgo Bright Entry Pigment

80 g/m² (unkalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – rauere Seite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,183 g; entspr. 18,679%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,404 g; entspr. 41,404%

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – glattere Seite

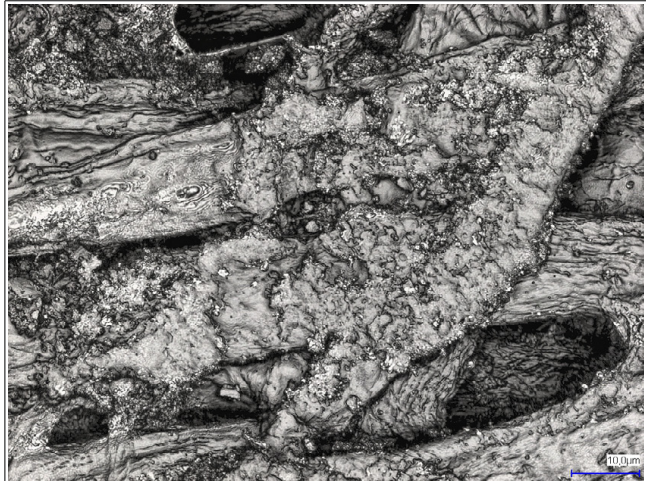
aufgenommene Masse Wasser: 0,185 g; entspr. 19,069%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,402 g; entspr. 41,165%

Blistering-Prüfung

bestanden

Hier wurde die Saugfähigkeit für Wasser gegenüber den anderen Letsgo-Papieren massiv herabgesetzt – und dafür jene für Öl erhöht. Das Mikroskopbild deutet darauf hin, dass dies durch vermehrten Einsatz von Leim und Füllstoffen geschah.



Crown Letsgo Universal Pigment

80 g/m² (kalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ –

aufgenommene Masse an Wasser: 0,855 g; entspr. 88,139%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,333 g; entspr. 34,208%

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ –

aufgenommene Masse Wasser: 0,851 g; entspr. 87,478%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,342 g; entspr. 35,098%

Blistering-Prüfung

bestanden

Trotz Kalandrierung ist das Wasser bei den Cobb-Tests durchgeschlagen – was beim Letsgo Bright Entry trotz dessen höherer Rauigkeit nicht geschehen ist. Die beiden Papiere nutzen also wahrscheinlich verschiedene Leimungsmittel und Füllstoffe – worauf auch das Mikroskopbild hindeutet.



Crown Letsgo Eco Dye (Higher Bulk)

80 g/m² (unkalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – rauere Seite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,911 g; entspr. 90,261%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,451 g; entspr. 44,989%

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – glattere Seite

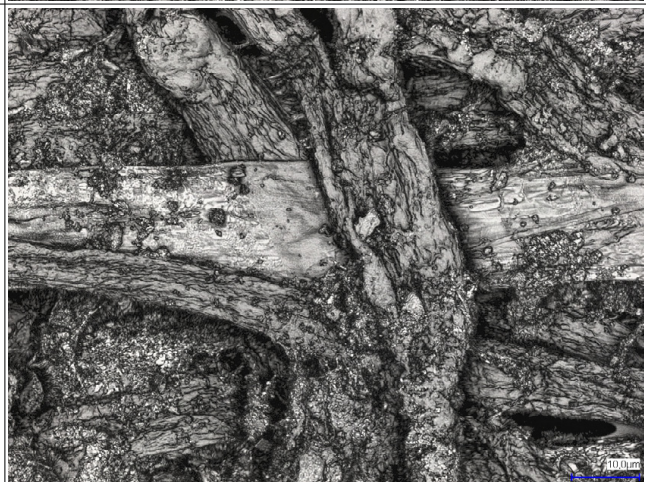
aufgenommene Masse Wasser: 0,905 g; entspr. 90,229%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,416 g; entspr. 41,746%

Blistering-Prüfung

bestanden

Ein Papier, dass fast sein Eigengewicht in Wasser aufsaugt (und entsprechend durchgeschlagen ist). Gegenüber Öl verhält es sich normal. Gerade im Vergleich zu den beiden vorherigen Papieren fallen die geringere Menge an Leimungsmittel und Füllstoffen auf.



Crown Letsgo Eco Dye

80 g/m² (kalandriert)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – etwas rauere Seite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,894 g; entspr. 91,138%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,356 g; entspr. 36,295%

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – etwas glattere Seite

aufgenommene Masse Wasser: 0,880 g; entspr. 90,473%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,360 g; entspr. 36,214%

Blistering-Prüfung

bestanden

Auch hier hat die Kalandrierung nicht gereicht, um das Durchschlagen des Wassers zu verhindern. Auch der Öl-Wert ist nur minimal kleiner.



Mitsubishi jetscript MZ 9084
84 g/m²

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – rötliche Beschichtungsseite

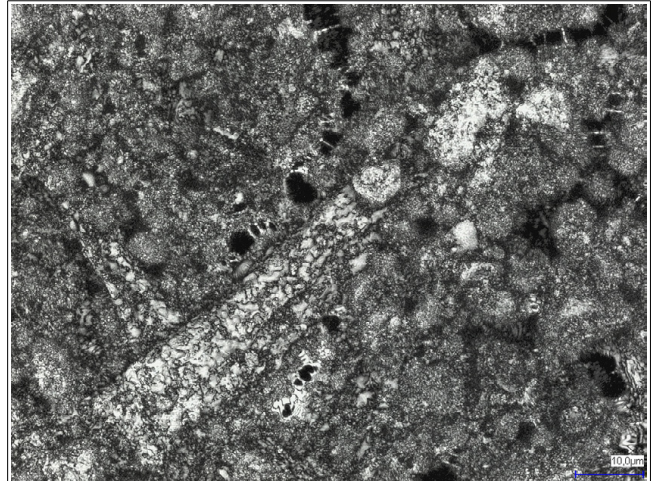
aufgenommene Masse an Wasser: 0,241 g; entspr. 22,804%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,420 g; entspr. 39,936%

Blistering-Prüfung

bestanden

Das Mikroskopbild zeigt poröse Partikel im einstelligen Mikrometerbereich und deutet auf eine nicht allzu dicke Beschichtung hin. Trotz der Porosität ist die Saugfähigkeit des Papiers nicht viel anders als bei z.B. Letsgo Bright Entry, aber natürlich viel höher als bei den Kreide-Kaolin-Papieren von UPM.



Mitsubishi jetscript DT 9002
90 g/m²

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – leicht rauere Seite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,928 g; entspr. 84,067%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,451 g; entspr. 40,634%

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – leicht glattere Seite

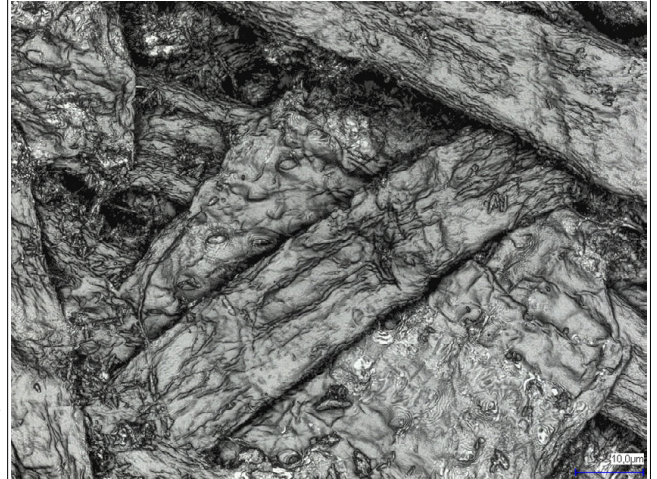
aufgenommene Masse Wasser: 0,922 g; entspr. 82,722%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,446 g; entspr. 40,303%

Blistering-Prüfung

bestanden

Unterm Mikroskop zeigte sich, dass das »economy coating« vom Katalog gar keines Beschichtung ist, sondern lediglich eine Oberflächenbehandlung! Diese konnte aber nicht das Durchschlagen des Wassers beim Cobb-Test verhindern.



Mitsubishi jetscript ML 9084
85 g/m²

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – rötliche Beschichtungsseite

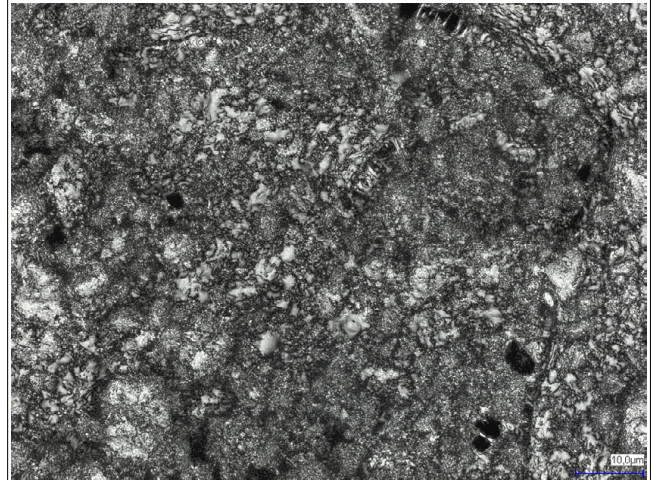
aufgenommene Masse an Wasser: 0,202 g; entspr. 19,146%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,454 g; entspr. 42,992%

Blistering-Prüfung

bestanden

Das Mikroskopbild zeigt etwas die gleichen Partikel wie beim jetscript MZ, das ja ebenfalls Beschichtung #84 trägt. In Summe ergibt sich dadurch eine vergleichbare Saugfähigkeit. Der einzige Unterschied ist, dass die Beschichtung hier dicker wirkt.



Mitsubishi jetscript DL 9084
89 g/m²

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – beidseitig

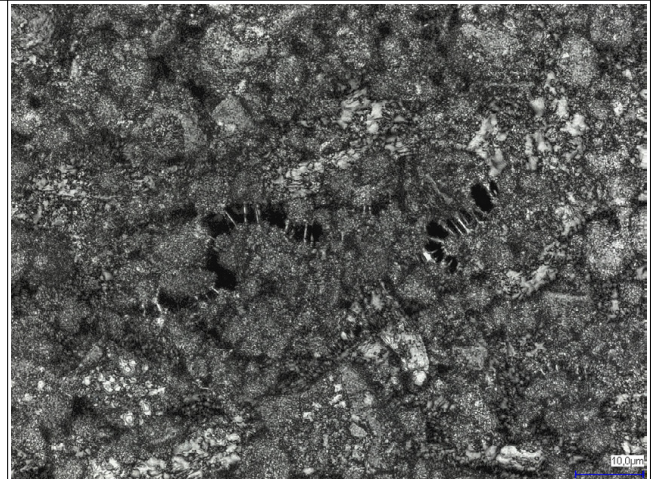
aufgenommene Masse an Wasser: 0,208 g; entspr. 19,235%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,415 g; entspr. 38,267%

Blistering-Prüfung

bestanden

Das Mikroskopbild und die Saugfähigkeiten sind dem ML ähnlich – immerhin trägt dieses Papier ebenso Beschichtung #84.



Mitsubishi jetscript DLS 9020

90 g/m²

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – beidseitig

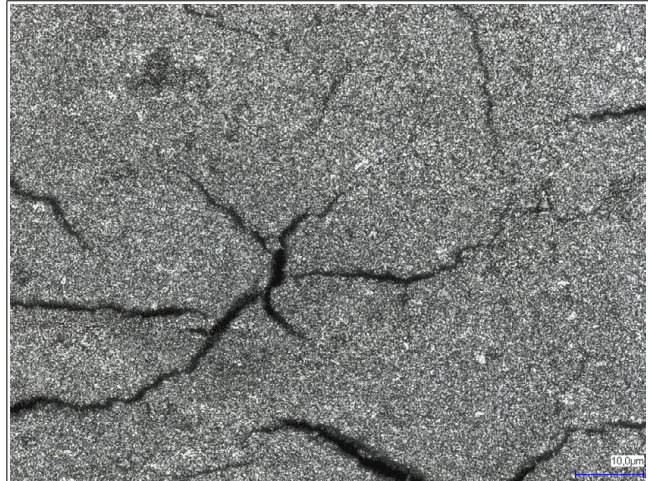
aufgenommene Masse an Wasser: 0,958 g; entspr. 85,938 %

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,259 g; entspr. 23,037 %

Blistering-Prüfung

bestanden

Wahrscheinlich wegen den Rissen in der Beschichtung #20 ist das Wasser bei den Cobb-Versuchen durchgeschlagen. Falls das Strichmaterial ansonsten das gleiche ist, wie bei den anderen »standard coatings« von Mitsubishi, dann ist der größte Partikel im Mikroskopbild dennoch zehnmal kleiner als bei #84.



Mitsubishi jetscript GS 1061

95 g/m²

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – glänzende Beschichtungsseite

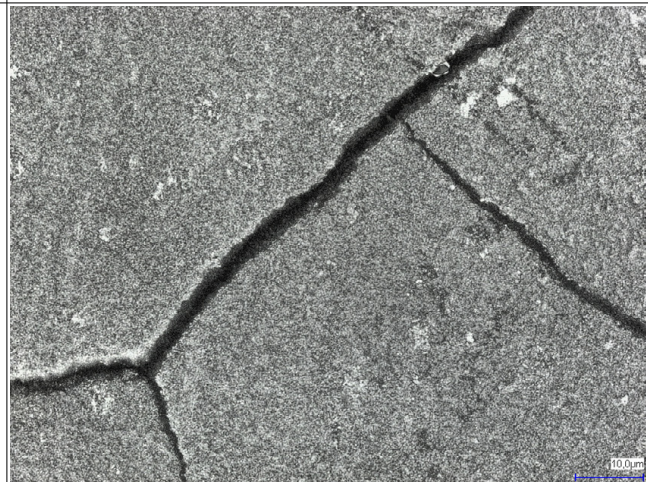
aufgenommene Masse an Wasser: 0,277 g; entspr. 24,016%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,196 g; entspr. 17,039%

Blistering-Prüfung

bestanden

Das Mikroskopbild ist dem jetscript DLS 9020 ähnlich – aber hier sind die Partikel nochmals feiner. Die Risse scheinen hier auch nicht zu einem Durchschlagen des Wassers zu führen, auch wenn dessen Saugfähigkeit ähnlich wie bei den Beschichtungen der #84. Dafür ist die Ölsaugfähigkeit hier (wohl durch die Partikelgröße bedingt) weit geringer.



Mitsubishi jetscript DS 9041

90 g/m²

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – beidseitig

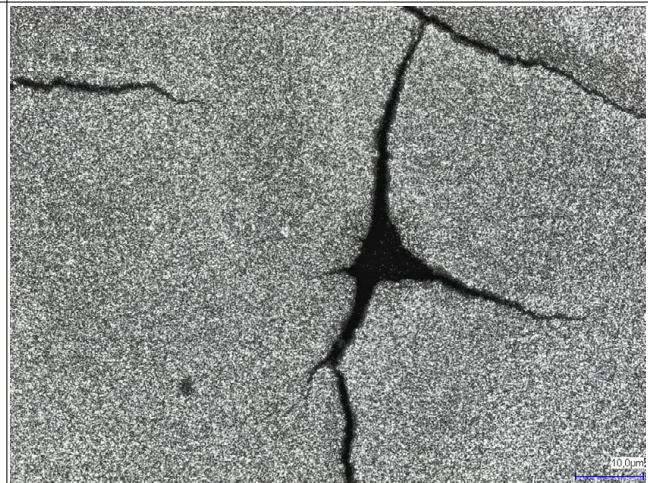
aufgenommene Masse an Wasser: 0,620 g; entspr. 55,545%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,184 g; entspr. 16,600%

Blistering-Prüfung

bestanden

Dass dies nicht die gleiche Beschichtung ist wie beim GS 1061 merkt man nicht nur an der #41, sondern auch optisch an etwas größeren Pigmenten und vor allem den zu dreieckigen Kratern zusammenlaufenden Rissen. Wahrscheinlich sind diese auch der Grund dafür, dass die Saugfähigkeit für Wasser mehr als doppelt so hoch ist wie bei #61 – und die Papiere beim Cobb-Test entsprechend durchgeschlagen sind.



Mitsubishi jetscript L 8504

86 g/m²

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – glänzende Beschichtungsseite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,458 g; entspr. 44,140%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,287 g; entspr. 27,957%

Blistering-Prüfung

bestanden

Der poröse Gussstrich zeigt Pigmente in der Größe des jetscript DLS 9020, aber viel feinere Risse. Wahrscheinlich ist die Wasser-Saugfähigkeit hier deswegen nur halb so groß – und gering genug, um ein Durchschlagen des Wassers zu vermeiden.

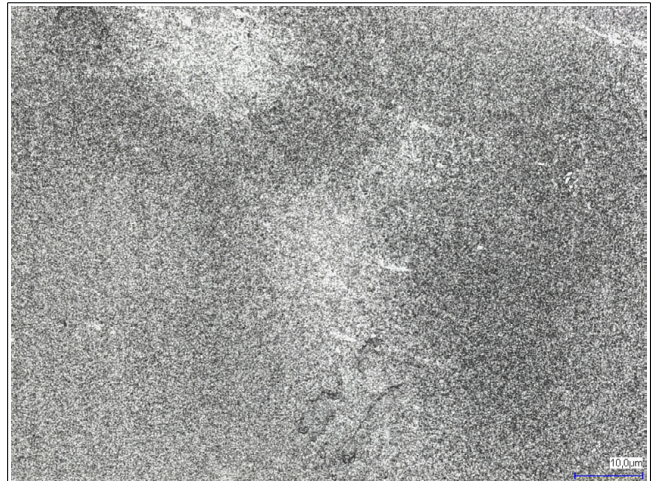


Felix Schoeller TRUST economy
100 g/m²

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – glänzende Beschichtungsseite
aufgenommene Masse an Wasser: 0,303 g; entspr. 24,605%
aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,136 g; entspr. 11,098%

Blistering-Prüfung
bestanden

Die Saugfähiger dieses Papiers beträgt nur etwa die Hälfte von jener des jetscript L 8504 – Grund ist, wie das Mikroskopbild zeigt, eine fehlerfreie mikroporöse Beschichtung ohne Risse. Im Vergleich zum UPM Finesse premium silk ist die Saugfähigkeit der kleineren mikroporösen Partikel für beide Flüssigkeiten trotz höher. Entsprechend soll dies als Referenzpapier gelten.

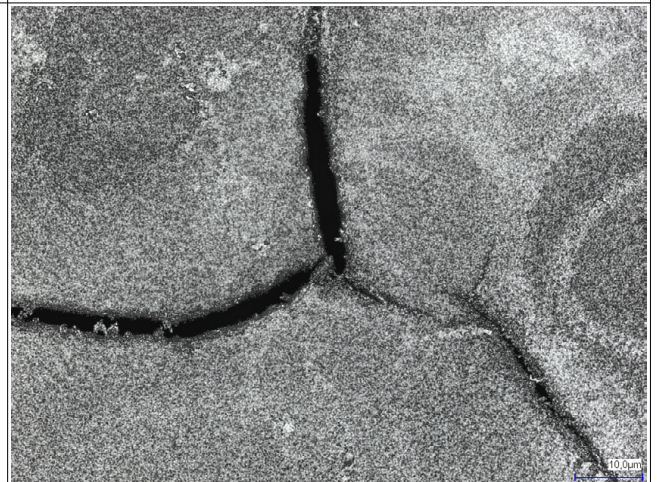


Felix Schoeller JET-SPEED label stock
95 g/m²

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – glänzende Beschichtungsseite
aufgenommene Masse an Wasser: 0,352 g; entspr. 30,291%
aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,389 g; entspr. 33,513%

Blistering-Prüfung
bestanden

Eine Mischung aus den Pigmenten des TRUST economy und den Rissen des jetscript GS – mit dem Unterschied, dass hier die Saugfähigkeit für beide Testflüssigkeiten gleichermaßen hoch ist.

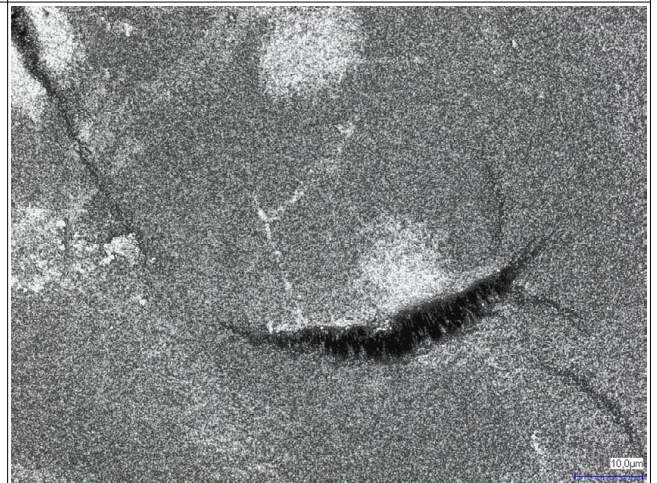


Felix Schoeller JET-SPEED master silk
130 g/m² (unkalandriert?)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – beidseitig
aufgenommene Masse an Wasser: 0,287 g; entspr. 16,643%
aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,163 g; entspr. 9,451%

Blistering-Prüfung
bestanden

Das Mikroskopbild zeigt weniger und räumlich stark eingegrenzte Risse im Vergleich zum label stock. Hier ist die Saugfähigkeit entsprechend niedriger und nähert sich bereits den Kreide-Kaolin-Papieren an.

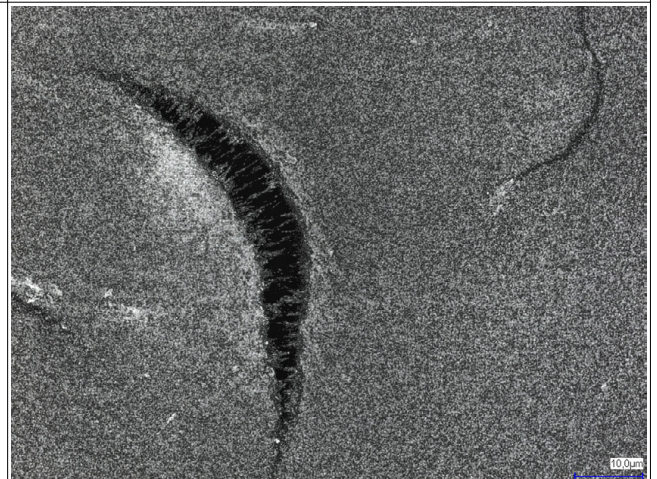


Felix Schoeller JET-SPEED master gloss
130 g/m² (kalandriert?)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – beidseitig
aufgenommene Masse an Wasser: 0,280 g; entspr. 16,273%
aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,199 g; entspr. 11,495%

Blistering-Prüfung
bestanden

Das Mikroskopbild zeigt keine Unterschiede zum master silk. Auch die Saugfähigkeiten sind ähnlich, sodass eine Kalandrierung nicht bestätigt werden kann.



HP Everyday Photo Paper glossy

200 g/m²

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – glänzende Beschichtungsseite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,223 g; entspr. 9,247%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,252 g; entspr. 10,413%

Blistering-Prüfung

nicht bestanden; bei 140 °C sind Blasen außerhalb des Silikonöls nicht erkennbar, aber in diesem; bei 130°C und weniger entstehen gar keine Blasen.

Das Mikroskopbild (hier ausnahmsweise ein Bild ohne Laser, da dieser Interferenzen mit der Schicht verursacht) zeigt eine einheitliche Schicht ohne Partikel – und ohne Farbe. Dies deutet auf eine wasserquellbare Beschichtung hin, die aber für Öl angepasst worden sein muss – immerhin wird dieses auch durch die Beschichtung aufgenommen.



EMBLEM Star Photo Semimatt 3

170 g/m²

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – Beschichtungsseite

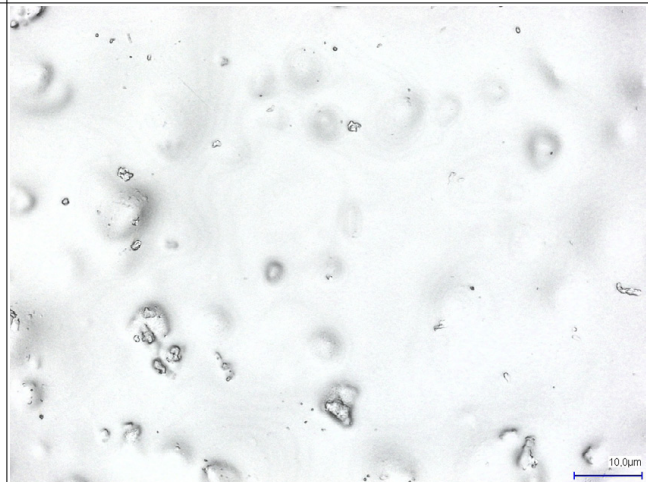
aufgenommene Masse an Wasser: 0,522 g; entspr. 24,869%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,042 g; entspr. 1,976%

Blistering-Prüfung

nicht bestanden; blasenfrei erst bei 130 °C (Blasen kaum ausmachbar) und niedriger

Hier ist die Beschichtung nur durch diverse Partikel auffindbar, die wahrscheinlich hinzugefügt wurden, um den Glanz des Papiers auf halbmatt zu senken. Indizien dafür, dass diese Beschichtung quellbar ist, ist aber die minimale Ölaufnahme bei hoher Wasseraufnahme – und die Tatsache, dass dieses Papier nach einem Cobb-Wasser-Test zu kleben beginnt.



Felix Schoeller Ultra 8 seidenmatt

170 g/m² (unkalandriert?)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – glänzendere Beschichtungsseite

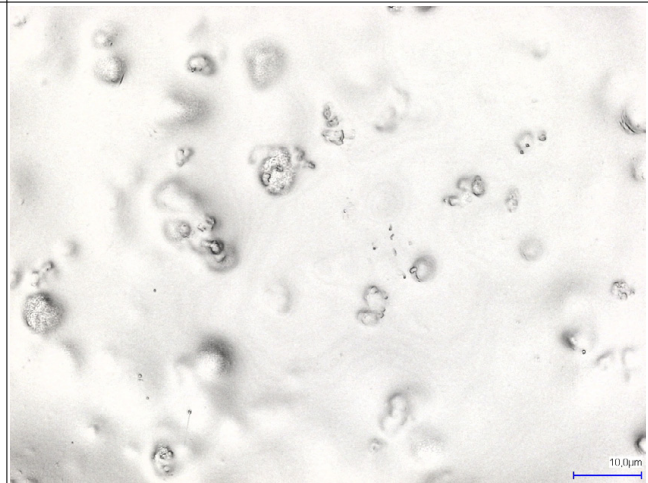
aufgenommene Masse an Wasser: 0,503 g; entspr. 23,781%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,038 g; entspr. 1,806%

Blistering-Prüfung

nicht bestanden; blasenfrei erst bei 130 °C und niedriger

Dieses Papier ist dem EMBLEM Star Photo semimatt 3 in allen Punkten (auch der Klebrigkeit in Verbindung mit Wasser) sehr ähnlich. Es ist jedenfalls nicht die unkalandrierte Version des glänzenden Ultra 8, sondern die Differenzen im Glanz werden durch die Partikel in der Beschichtung erzeugt.



Felix Schoeller Ultra 8 glänzend

170 g/m²

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – glänzende Beschichtungsseite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,429 g; entspr. 20,055%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,036 g; entspr. 1,682%

Blistering-Prüfung

nicht bestanden; blasenfrei erst bei 130 °C und niedriger

Die Beschichtung dieses Papiers konnte nur anhand eines darin befindlichen Partikels erkannt werden. Ansonsten ist sie im Gegensatz zur semimatten Version partikelfrei, was den hohen Glanz des Papiers erzeugt. In Bezug auf die Saugfähigkeiten und die Klebrigkeit beim Cobb-Wasser-Test gibt es aber keine großen Unterschiede.



Cham Promoprint D
90 g/m²

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – beidseitig

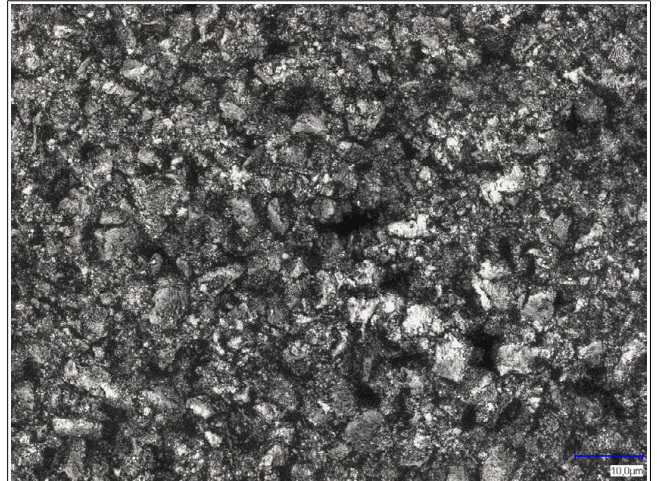
aufgenommene Masse an Wasser: 0,290 g; entspr. 27,298%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,233 g; entspr. 21,812%

Blistering-Prüfung

bestanden

Obwohl dieses Papier speziell für Dyes (also Farbstoffintinten) vermarktet wird, zeigt das Mikroskopbild, dass es eindeutig keine wasserquallbare Beschichtung besitzt, sondern eine poröse. Die Saugfähigkeit für Wasser ist deswegen auch jener des jetscript MZ ähnlich; die für Öl ist hier hingegen nur halb so groß.



Cham Promoprint P
90 g/m²

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – beidseitig

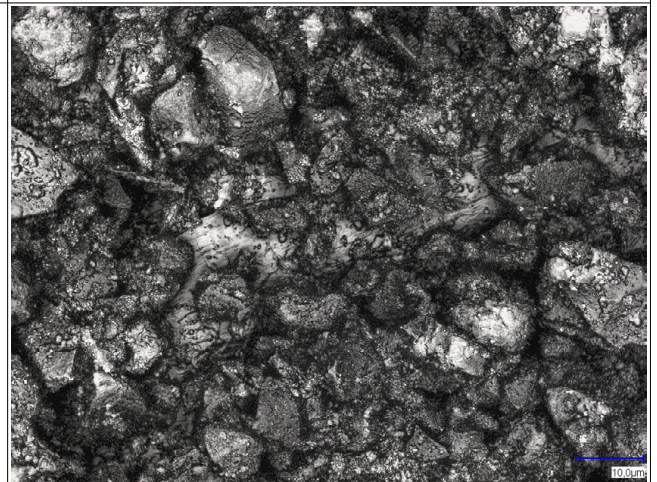
aufgenommene Masse an Wasser: 0,282 g; entspr. 25,598%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,140 g; entspr. 12,824%

Blistering-Prüfung

bestanden

Den Hauptunterschied zum Promoprint D zeigt das Laserscanning-Mikroskop: Die maximale Korngröße auf diesem Papier beträgt etwas das Zehnfache. In Bezug auf die Wasser-Saugfähigkeit ändert das wenig; die Öl-Saugfähigkeit wird etwa halbiert.



Sihl EcoArt Billboard Paper
blueback 110 g/m²

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – glänzendere weiße Beschichtungsseite

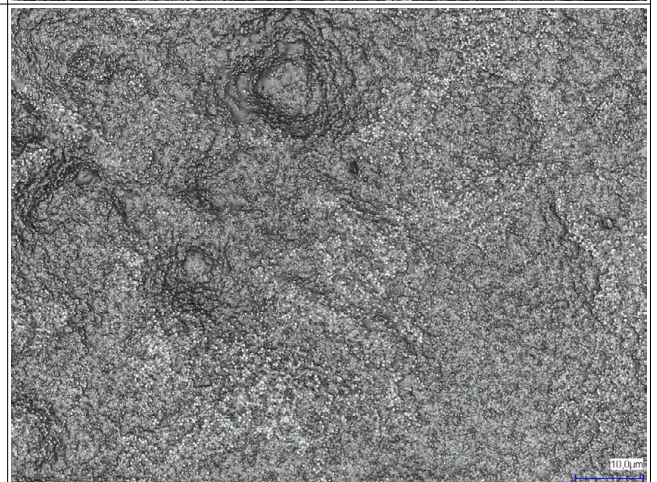
aufgenommene Masse an Wasser: 0,023 g; entspr. 1,650%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,049 g; entspr. 3,485%

Blistering-Prüfung

Ergebnis unklar – es entstanden zwar keine Blasen, aber je höher die Temperatur war, desto mehr blaue Punkte von der Rückseite schimmerten durch, was auf ein Ablösen der Beschichtung hindeutet. Die Temperatur des Silikonöls wurde hierbei bis 110°C abgesenkt, wo kaum noch blaue Punkte entstanden.

Das Mikroskopbild dieses lösemittelquellbaren Papiers zeigt keine durchgängig gleichförmige Beschichtung wie den wasserquellbaren Sorten, sondern stattdessen einen dünnen Strich aus Kunststoffkugeln, die nach dem Bedrucken mit Lösemitteltinte aufquellen. Wegen der geringen Reaktivität des Rizinusöls, das einem Lösemittel chemisch am nächsten kommt, ist der zugehörige Cobb-Wert so gering wie beim UPM Digi Finesse. Die Saugfähigkeit für Wasser ist nahe Null..



Sihl UniSolv BillArt Paper
blueback 120 g/m²

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – glänzendere weiße Beschichtungsseite

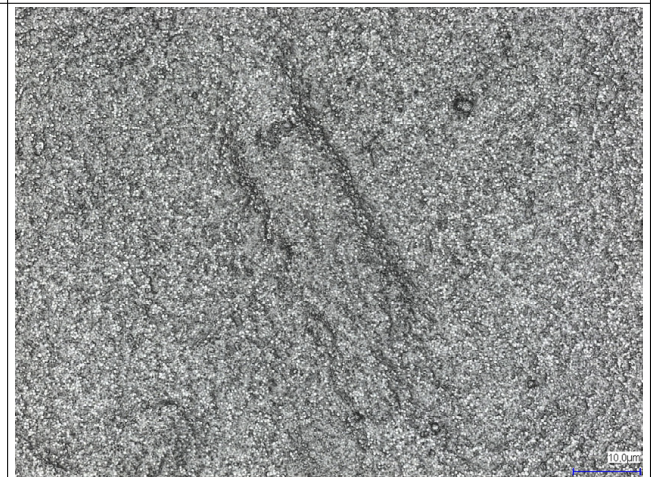
aufgenommene Masse an Wasser: 0,017 g; entspr. 1,106%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,042 g; entspr. 2,804%

Blistering-Prüfung

Ergebnis unklar – es entstanden zwar keine Blasen, aber je höher die Temperatur war, desto mehr blaue Punkte von der Rückseite schimmerten durch, was auf ein Ablösen der Beschichtung hindeutet. Die Temperatur des Silikonöls wurde hierbei bis 110°C abgesenkt, wo kaum noch blaue Punkte entstanden.

Das Mikroskopbild zeigt die gleiche Beschichtung wie beim EcoArt Billboard Paper, aber hier scheint diese dicker zu sein, sodass die Fasern nahezu komplett abgedeckt sind. Die höhere Dicke führt zu einer nochmals verminderten Saugfähigkeit.



Sihl TriSolv PostArt Paper

blueback 120 g/m² (unkalandriert?)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – glänzendere weiße Beschichtungsseite

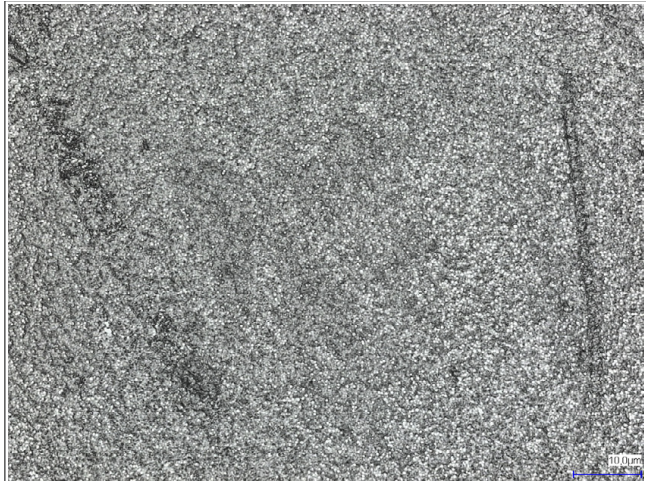
aufgenommene Masse an Wasser: 0,011 g; entspr. 0,696%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,037 g; entspr. 2,275%

Blistering-Prüfung

Ergebnis unklar – es entstanden zwar keine Blasen, aber je höher die Temperatur war, desto mehr blaue Punkte von der Rückseite schimmerten durch, was auf ein Ablösen der Beschichtung hindeutet. Die Temperatur des Silikonöls wurde hierbei bis 110°C abgesenkt, wo kaum noch blaue Punkte entstanden.

Das Mikroskopbild zeigt eine nochmals dickere Beschichtung mit den Kunststoffkügelchen der vorherigen beiden Papiere. Und wieder ist die Saugfähigkeit etwas geringer.



Sihl TriSolv PrimeArt Paper

blueback 120 g/m² (kalandriert?)

Saugfähigkeit nach Cobb₃₀ – glänzendere weiße Beschichtungsseite

aufgenommene Masse an Wasser: 0,011 g; entspr. 0,672%

aufgenommene Masse an Rizinusöl: 0,035 g; entspr. 2,074%

Blistering-Prüfung

Ergebnis unklar – es entstanden zwar keine Blasen, aber je höher die Temperatur war, desto mehr blaue Punkte von der Rückseite schimmerten durch, was auf ein Ablösen der Beschichtung hindeutet. Die Temperatur des Silikonöls wurde hierbei bis 110°C abgesenkt, wo kaum noch blaue Punkte entstanden.

Bei der glänzenden Variante des TriSolv kann eine Kalandrierung angenommen werden, da sich die Fasern nicht mehr aus dem Strich abheben – und zudem Löcher in diesem vorkommen, was darauf hindeutet, dass die Walzen diverse Partikel aus dem Strich gerissen haben. Auch die nochmals minimierte Saugfähigkeit deutet auf eine Kalandrierung hin.

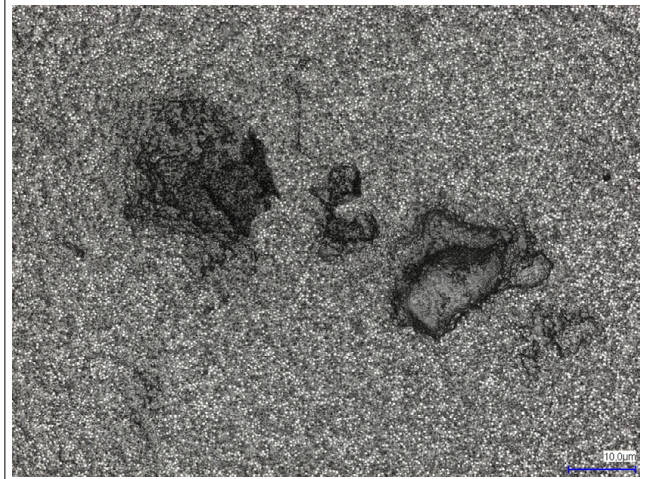


Tabelle 1: Auswertung der Vorversuche zur Papierauswahl. Rechts: Laserscanning-Mikroskopbilder der Papieroberflächen (Keyence VK-9710, 150x-Objektiv, Z-Schrittweite 0,1 µm, superhohe Auflösung, Laser+Farbe, OTC); links die Auswertung der Tests und der Mikroskopbilder

Anhand dieser Ergebnisse konnte nun die finale Auswahl der Papiere wie folgt vorgenommen werden:

- Je dicker der Strich, desto besser kann dessen Einfluss aufs Deinking-Ergebnis untersucht werden. Ein *Sihl TriSolv* ist damit dem *Sihl UniSolv* vorzuziehen – und dieses wiederum dem *Sihl EcoArt*. Eine Anfrage bei Sihl führte aber zu dem Ergebnis, dass die *TriSolv*-Papiere nur mit einer blauen Rückseitenfärbung verfügbar sind. Da diese durch einen zusätzlichen Farbeintrag die Deinking-Versuche verfälschen würden, wurden sie von den Versuchen ausgeschlossen.
- Entsprechend wurde sich für das *Sihl UniSolv* in 120 g/m² entschieden, das die Papiere mit lösemittelquellbarem Kunststoffstrich vertreten soll.
- Die Papiere mit wasserquellbarem Strich hatten alle das Problem, dass sie den Blistering-Test nicht bestanden hatten. Beim *EMBLEM Star Photo Semimatt Paper 3* war die Ursache klar: Es war bekannt, dass dieses Papier eine Zwischenschicht aus Polyethylen enthielt [vgl. 158]. Dieser Kunststoff verhinderte, dass der bei den Blistering-Tests im Papier entstehende Wasserdampf schnell genug austreten konnte. Da sich die drei anderen ähnlich beschichteten Papiere (*HP Everyday Photo Paper* und die beiden *Felix Schoeller Ultra 8*) auf die gleiche Weise verhielten, wurde daraus der Rückschluss gezogen, dass sie ebenfalls eine Polyethylenschicht beinhalten. Das Vorhandensein einer solchen Schicht würde aber nicht nur bei den Deinking-Versuchen stören, da dann Folienreste im Pulp zurückbleiben würden – sondern der geringe Schmelzpunkt von Polyethylen lässt es wahrscheinlich werden, dass die genannten Papiere in der Fixiereinheit eines Tonerdruckers aufschmelzen und diese zerstören würden. Aus diesem Grund wurden die entsprechenden Papiere von allen Deinking-Versuchen ausgeschlossen.
- Da sich zudem das *Cham Promoprint D* nicht als wasserquellbar beschichtet herausgestellt hat, können in dieser Arbeit keine Deinking-Versuche auf derartigen Papieren durchgeführt werden.

- Das *Felix Schoeller TRUST economy* wird als Referenz für ein mikroporös gestrichenes Papier gesetzt, da die entsprechende Beschichtung keine Risse beinhaltet.
- Als (makro-)porös gestrichenes Papier wird das Mitsubishi *jetscript ML* als Referenz verwendet, da dessen Beschichtung dichter ist als die des *jetscript MZ*. Das *jetscript ML* wird dabei dem beidseitig beschichteten *jetscript DL* vorgezogen, da das zuvor erwähnte *TRUST economy* ebenfalls nur einseitig beschichtet war. Auf dieser Basis kann der Einfluss der Größe der porösen Partikel auf Deinking festgestellt werden.
- Von den klassisch gestrichenen Papieren der *UPM Finesse* Familie werden jene mit der höchsten Saugfähigkeit verwendet, die noch in etwa an die beiden porösen Papiere heranreichen. Von den beiden übrigen Papieren, *UPM Finesse premium silk* und *UPM Finesse premium silk G* wurde ersteres gewählt, da dessen einfacher Strich rein aus einer Mischung aus Kreide und Kaolin bestehen sollte. So kann deren Einfluss direkt untersucht werden.
- Um eine Vergleichbarkeit bezüglich der Kalandrierung zu behalten, wurde aus der zuvor schon als Tonerstrich-Familie gesetzten *UPM Digi Finesse* ebenfalls die Variante *premium silk* gewählt.
- Von den drei untersuchten Inxwell-Papieren wurde zuerst das *Mohawk Loop Eco Cream Supersmooth* ausgeschlossen, da dessen gelbe Färbung zu kräftig war – diese hätte die Deinking-Ergebnisse wahrscheinlich negativ beeinflusst. Von den beiden übrigen Papieren wurde sich für das *Mohawk Loop Eco White Vellum* entschieden, da dessen Saugfähigkeiten ausgeglichener waren als beim *Options* – und das Papier damit wahrscheinlicher mit einer größeren Varianz an Tinten funktioniert. Dieses Papier ist bei Papyrus als Restposten mit minimal 118 g/m² verfügbar, war nah am bereits ausgewählten *UniSolv* liegt.
- Bei den Naturpapieren wurden zuerst alle Papiere ausgeschlossen, bei denen das Wasser bei den Cobb-Tests durchgeschlagen war, um so eine gewisse Prozesssicherheit bei den verschiedenen zu untersuchenden Inkjet-Druckern sicherzustellen. So wurde Mondis *DNS Premium* ausgeschlossen – als ColorLok-Papier für den Hybriddruck blieb dann nur noch das *Mondi DNS Color Print*. Dieses wurde schließlich auch den beiden StoraEnso-Papieren vorgezogen, um die Möglichkeit zu schaffen, ein Hybridpapier mit ColorLok und eines ohne zu vergleichen.
- Von letztgenannten Papieren, den beiden von International Paper, wurde das *Preprint-S* auf der Grundlage ausgewählt, dass es ebenso wie das *DNS Color Print* ein kalandriertes Papier ist. Hierbei wurde auch die Quelle [166, S. 15–17] herangezogen, nach welcher Toner auf glatten Papieren besser haften als auf rauen – und Flüssigtoner und Trockentoner sind ein wichtiger Teil der Versuche.
- Von den Crown-Papieren blieb nach Ausschluss aller durchgeschlagenen Papiere nur noch das *Letsgo Bright Entry Pigment* übrig – aber keines der Dye-Papiere. Da aber Drucker mit beiden Tintensorten zum Einsatz kommen sollten, wurde entschieden, spezielle ungestrichene Papiere für eine der beiden Sorten auszuschließen (was auch alle Papiere mit ColorPRO betrifft, da die für die wasserbasierte Pigmenttinte von HP optimiert sind) und stattdessen ein ungestrichenes Papier zu untersuchen, das für alle Arten von Inkjets verwendbar ist – also die beiden letzten Metsä-Papiere. Hiervon wurde sich für das kalandrierte *Modo Jet Plus* entschieden, wieder um die Vergleichbarkeit mit dem *DNS Color Print* sicherzustellen. Zudem sind die Saugfähigkeiten beider Papiere ähnlich.
- Aus den gleichen Gründen (vorhandene Kalandrierung bei sichergestellter Saugfähigkeit) wurde von den IGEPA-Papieren das *maxiscript* dem *maxioffset* vorgezogen, bei den normalen Büropapieren von Portucel das *Navigator* gegenüber dem *Target Personal* bevorzugt, von *Mohawk Superfine* das *Ultrawhite Smooth* gewählt und schließlich bei von den ProDigi-Papieren das *PaperOne Digital* verwendet.

Von den ausgewählten Papiersorten wurde nun einer Grammatur gesucht, die 120 g/m² beträgt – diese wurde vom *Sihl UniSolv* vorgegeben, da es in keiner anderen Grammatur erhältlich ist. Falls bei einem Papier keine 120 g/m² verfügbar waren, wurde die nächstniedrigeren Grammatur gewählt. Als Format wurde für jedes Papier A3 festgelegt, da *Navigator* und *PaperOne Digital* nicht in größeren Formaten erhältlich waren.

Der Übersicht halber sollten die final ausgewählten Papiere noch einmal kurz hier gelistet werden:

- *IGEPA maxiscript* in 120 g/m² als Naturpapier, das nicht für Tinten und Toner gedacht ist.
- *Portucel Navigator* in 120 g/m² als normales Multifunktionspapier.

- *International Paper Preprint-S* in 120 g/m² als normales Hybriddruck-Papier.
- *Mondi DNS Color Print* in 120 g/m² als Hybriddruck-Papier mit ColorLok-Technologie.
- *April Asia PaperOne Digital* in der maximal erhältlichen Grammatur von 100 g/m² als Multifunktionspapier mit ProDigi Nanotechnology.
- *Metsä Modo Jet Plus* in der maximal erhältlichen Grammatur von 100 g/m² als Naturpapier für alle Arten von Inkjets.
- *Mohawk Superfine Ultrawhite Smooth* in 120 g/m² als Naturpapier mit i-Tone-Oberflächenbehandlung für alle Arten von Tonerdruckern.
- *Mohawk Loop Eco White Vellum* in 118 g/m² als Inxwell-Papier (aus Mangel an Alternativen, obwohl es zusätzlich i-Tone besitzt und aus Recyclingfasern hergestellt wurde).
- *UPM Finesse premium silk* in 115 g/m² als Papier mit klassischem Kreide-Kaolin-Strich.
- *UPM Digi Finesse premium silk* in 115 g/m² als Papier mit einem für Tonerdrucker angepasstem Strich.
- *Mitsubishi jetscript ML 1284* in 116 g/m² als (makro-)porös beschichtetes Papier für Inkjets.
- *Felix Schoeller TRUST economy* in 100 g/m² als mikroporös beschichtetes Papier für Inkjets.
- *Sihl UniSolv BillArt Paper whiteback* in 120 g/m² als Papier mit lösemittelquellbarer Beschichtung.
- Ein Papier mit wasserquellbarer Beschichtung und ohne Polyethylenschicht im Papier konnte nicht gefunden werden.

Die angefragte Menge wurde schließlich anhand des *PaperOne Digital* mit einer Grammatur von 100 g/m² sowie der INGEDE-Methode 11 überschlagen. Laut letzterer werden pro Versuch 200 g trockenes Papier benötigt [vgl. 70, S. 3]. Nimmt man den Feuchtegehalt eines Papiers mit 5,5 % an, wie es final in Bild 28 dargestellt ist, hätte das *PaperOne Digital* eine Trockengrammatur von 94,5 g/m². Ein Blatt A3 wiegt schließlich 1/8 davon, also rund 11,8 g. Es würde dann 17 Blätter A3 pro Versuch brauchen, um den Pulper zu füllen. Als mögliche (zu diesem Zeitpunkt nicht unbedingt realistische) zu untersuchende Druckfarben waren Toner in trockener und flüssiger Form, Continuous Inkjet mit Farbstoff und Pigment, sowie beim Drop-on-Demand-Inkjet Farbstoff und Pigmente je in Wasser, Öl, Lösemittel, Wachs und UV-härtenden Materialien vorstellbar – und damit 13 theoretische Farbtypen. Würde all dies untersucht werden, würden allein zum Pulpen 238 Blätter gebraucht. Um etwas Reserve zu lassen, wurde dies auf 250 Blätter aufgerundet – und diese Menge für jedes ausgewählte Papier bei jenen Firmen angefragt, von wo schon die Testmuster bezogen wurden.

Allerdings waren von diesen Anfragen die zu *Preprint-S*, *TRUST economy* und *Mohawk Superfine Ultrawhite Smooth* nicht erfolgreich (beim letzteren wurde lediglich die Anfrage zu spät bearbeitet) sodass die genannten Papiere nicht bedruckt und deinkt werden konnten.

4.4.3 Erstellen einer Testform für das Format A3

Zum Untersuchen der Deinkbarkeit ist schließlich eine Testform zu erstellen, die auf den ausgewählten Druckmaschinen verdruckt wird. Diese Form muss diverse Kriterien erfüllen:

- Sie muss im A3-Format erstellt sein, da dies dem Format der final ausgewählten Papiere entspricht.
- Sie muss in der Mitte aufgeteilt werden können, sodass zwei Seiten A4 entstehen. Immerhin können die *Office Jet Pro X* nur A4 oder kleiner verarbeiten.
- Die Testform kann nur einseitig gedruckt werden, da das *jetscript ML* und *Sihl UniSolv BillArt Paper* nur einseitig beschichtet sind.
- Aus diesem Grund sollte die Farbmenge, die in der Testform verdruckt wird, insgesamt relativ hoch sein. Diese hängt real von den verwendeten Druckeinstellungen ab – welche vor dem eigentlichen Drucktermin allerdings unbekannt sind. Da die Testform bis zu dieser Zeit aber fertiggestellt sein muss,

wurde die Farbmenge in der Druckdatei indirekt festgelegt – über die Verwendung von passenden Testmustern und Bildern in der Datei.

- Hierbei sollte jede der vier Prozessfarben in etwa gleichem Maße vorhanden sein. Dies lässt sich in Adobe Photoshop CS5 überprüfen, indem die Testform im CMYK-Format geöffnet wird und im Histogramm der Mittelwert der einzelnen Farbkanäle überprüft wird. Falls eine bestimmte Prozessfarbe durch ihre Zusammensetzung dann schlechter deinkbar sein sollte als die anderen, sollte sich dies in den Ergebnissen nachweisen lassen.
- Es muss ein gewisser unbedruckter Rand vom Druckbild nach außen hin vorhanden sein, um einen etwaigen Versatz beim Arrangieren der Einzelbögen auf einem großformatigen Flachbettdrucker kompensieren zu können. Dann ist das Bild auf einem Bogen im schlimmsten Fall etwas verschoben, aber zumindest noch vollständig, sodass negative Konsequenzen auf einen Deinking-Versuch ausgeschlossen sind.
- Das Gesamtlayout soll schließlich dem eines Magazins ähnlich sein, damit das Ergebnis der Deinking-Versuche auch mit realen Publikationen vergleichbar ist. Es soll also ein vollseitiges Foto, die Testmuster sowie ein mehrspaltiger schwarzer Text im Layout zu finden sein. Anstatt einen Blindtext für diesen zu verwenden, wurde der Platz genutzt, um die Details zur Testform selbst in ihm zu beschreiben.

Die entstandene Testform findet sich in gedruckter Version in Anhang B und als PDF-Datei auf der beigefügten CD. Ursprünglich wurde beim PDF-Export aus Adobe InDesign CS5 der Standard PDF-X/4 eingestellt, weil in ihm die Transparenzen aus den Farbkreisen direkt gespeichert werden können [vgl. 167, S. 16]. Da aber einige Druckereien noch einen älteren Standard verwenden (und es auch nicht sicher ist, ob der im Drucker verwendete RIP die Transparenzen wie gewünscht ausgeben kann), wurde die Testform nochmals im älteren Standard PDF-X/1a exportiert, in dem sie gerastert vorliegen [vgl. 167, S. 16]. So kann sichergestellt werden, dass im Fall des Falles mit der PDF/X-1a der Druck erfolgen kann. Um diese auch bei minimalen Unterschieden im Ausdruck wiedererkennen zu können, wurde im Text der Testform jener Satz geändert, der auf die PDF-Version hinweist. Auch diese Version findet sich im Anhang B und auf der CD.

Öffnet man eine der beiden PDFs mit Adobe Photoshop CS5 (wobei eingestellt werden muss, dass der Beschnitt auf den Medienrahmen zu erfolgen hat und dass der CMYK-Farbraum zu verwenden ist), kann man über die Mittelwerte der einzelnen Farbkanäle die Gesamtfarbdeckung feststellen [vgl. 168]. In den Farbkanälen Cyan, Magenta und Gelb liegt der Mittelwert je bei rund 205 – dies entspricht einer Deckung von knapp 20% pro Farbe. Der Mittelwert für Schwarz liegt wegen des schwarzen Textes etwas höher, nämlich bei rund 177 – dies entspricht etwas über 30% Deckung. Addiert man die Werte über die einzelnen Farben gelangt man zu einer Gesamtfarbdeckung von rund 90%.

Alle vier Farben zusammen haben einen Mittelwert von 198 – und liegen damit knapp unter der Schwelle von 200, die die ERPC in [80, S. 4] für ein ›Low Ink Coverage Product‹ festgelegt ist. Diese würde einer Farbdeckung von gesamt rund 86% entsprechen.

Diese Testform wird auf den final ausgewählten Maschinen anfangs einmal in den beiden PDF-Versionen gedruckt, um feststellen zu können, welche PDF-Version hiervon ein brauchbareres Ergebnis bringt. Mit der final ausgewählten PDF wurden danach noch 15 Drucke³¹ hergestellt, welche schließlich deinkt wurden. Dies wurde für jeden Papier durchgeführt, sodass auch die Qualität der Drucke abhängig vom Papier unterscheidbar waren.

4.4.4 Auswahl der Druckmaschinen für eine Druckfarbe, der Druckereien sowie der dort verwendeten Druckeinstellungen

Die verschiedenen Varianten, wie und womit bei den dynamischen Digitaldruckverfahren ein Bild erzeugt werden kann, wurden in Kapitel 2 dieser Arbeit geschildert. Hiervon werden nun alle Verfahren ausgeschlossen, bei denen keine Farbübertragung stattfindet, da dies der Definition von ›Druck‹ nach der DIN 8730 [114] widersprechen würde.

Die übrigen dynamischen Digitaldruckverfahren können anhand der in ihrer Druckfarbe verwendeten Materialien zusammengefasst werden, sodass noch die folgenden Arten von Druckfarbe übrig bleiben:

³¹ Wie diese Zahl berechnet wurde (und erst nachträglich festgesetzt wurde) ist detailliert im Anhang C geschildert.

a) Wasserbasierte Farbstofftinte

Wegen des günstigen Preises, dem größeren erzielbaren Farbraum sowie der höheren Zuverlässigkeit der in Wasser gelösten Farbstoffe verglichen mit Pigmenten (wo immer die Gefahr eines Düsenausfalls durch Verstopfen herrscht) waren diese Tinten schon immer weit verbreitet – und dies nicht nur in Privathaushalten, sondern auch in der Industrie.

Eine stärkere Verbreitung wird aber durch den Memjet-Druckkopf erwartet, der auf der Drupa 2012 vorgestellt wurde. Da dieser Druckkopf eine Druckbreite von 21 cm besitzt, kann er stationär in einen Bürodruker eingebaut werden und so eine komplette A4-Seite in wenigen Sekunden bedrucken. Aufgrund der hohen Geschwindigkeit wird sich diese Technologie weiter verbreiten und kurzfristig die langsamen günstigen Heim- und Büroinkjets ablösen – mittelfristig wahrscheinlich auch die Laserdrucker im Büro, da die laufenden Kosten für die Memjet-Tinten geringer sind als für Toner. Daher ist es sinnvoll festzulegen, dass ein Memjet-Druckkopf für die wasserbasierten Farbstofftinten zum Einsatz kommen muss. Memjet selbst stellt mit dem *C6010* und dem *C6030 MFP* entsprechende A4-Drucker her [vgl. 169], aber der Druckkopf wird auch von anderen Herstellern verwendet, die mit diesem eigene Maschinen bauen, z.B. von Océ für die *Colorwave 900* oder von Xanté für die *Excelagraphix 4200* im Großformatbereich [vgl. 30, S. 19]

Ein *Memjet C6030 MFP* (Bild 41) konnte bei Okapost in Stuttgart gesichert werden, wo er als Bürodruker verwendet wird. Der Druck erfolgte mit Originaltinten (*Memjet Formula Ink C6000 Series*) in einer Auflösung von 600 x 600 dpi mit aufs A4-Format geteilten PDFs. Hierbei zeigte sich, dass der Drucker diese einer geringen Farbumwandlung unterzieht, obwohl sie als CMYK erstellt waren. Zudem hat der Drucker Probleme mit Transparenzen, sodass sich bei der gedruckten X-4-Datei Blitzer in den Farbkreisen zeigten. Daher wurde zur Herstellung der 15 Deinking-Drucke die PDF/X-1a verwendet. Hierbei gab es nur auf den beiden UPM-Papiere Probleme, da diese nach dem Druck noch einige Sekunden Trockenzeit brauchten und entsprechend jedes gedruckte Blatt manuell abgenommen werden musste.



Bild 40: Der Memjet C6030 MFP [169]

b) Wasserbasierte Pigmenttinte

Diese Tinten sind wegen ihrer Lichtbeständigkeit [vgl. 53] und »akzeptablen Wasserfestigkeit« [33, S. 3] beliebt – wegen der höheren Kostenfaktors allerdings eher bei Anwendungen, wo es auf diese Eigenschaften ankommt, z.B. Postern für den Innenbereich oder dem kleinauflagen Druck von Handbüchern.

Die bereits in Kapitel 2 geschilderten Unterarten dieser Tinten – also Latextinten, Gelbtinten sowie Tinten, bei denen das Pigment von Kunstharz ummantelt ist – werden ausgeschlossen, um als Ausgangspunkt eine auf klassische Weise hergestellte Pigmenttinte verwenden zu können.

Eine solche kommt in den Druckern der Reihe *HP OfficeJet Pro X* zum Einsatz, die 2013 als Konkurrenz zur Memjet-Technologie vorgestellt wurden und ebenfalls einen seitenbreiten Druckkopf verwenden [vgl. 170]. Dieser Druckkopf soll in Form eines Arrays namens *PageWide* in Kürze auch in 100 cm breiten Industriedruckern verwendet werden [vgl. 30, S. 20] – woraus sich folgern lässt, dass entsprechende Drucksachen in Zukunft einen größeren Anteil am Markt haben werden. Aus diesem Grund bot es sich geradezu an, einen *OfficeJet Pro X* für wasserbasierte Pigmenttinten festzulegen.

Zur Zeit, als diese Arbeit entstand (3. Quartal 2015) hatte HP gerade eine Try-&-Buy-Aktion für diese Drucker laufen [171] – entsprechend konnte ein *HP OfficeJet Pro X476dw MFP* privat beschafft werden (siehe Bild 41). Als



Bild 41: Der über HPs Try-&-Buy-Aktion beschaffte OfficeJet Pro X476dw MFP

Tinte wurde die mitgelieferte Originaltinte verwendet (*HP 970* für Schwarz und *HP 971* für die Buntfarben – die zugehörigen Artikelnummern sind *CN621AE* für Schwarz, *CN622AE* für Cyan, *CN623AE* für Magenta und *CN624AE* für Gelb). Der Druck erfolgte vom USB-Stick aus mit den aufs A4-Format aufgeteilten PDFs in der Druckqualität »Professionell«, die beim Drucker als Standard voreingestellt war. Hierbei zeigten sich die gleichen Effekte wie zuvor beim Memjet-Drucker: Die Drucke wurden einem leichten Farbmanagement unterzogen, wobei die gedruckte PDF/X-4 Blitzer in den Farbkreisen aufwies – entsprechend wurde final die PDF/X-1a zum Herstellen der zu deinkenden Drucke verwendet. Ein größeres Problem stellten die gestrichenen UPM-Papiere dar, da der *OfficeJet Pro X* die Drucke mit der bedruckten Seite nach unten ausgibt – wodurch entsprechend Schleifspuren auf den noch frischen Drucken entstanden. Dies konnte nur gelöst werden, indem die Druckablage vom Drucker abgesteckt wurde und die einzelnen gedruckten Blätter direkt am Ausgabeschlitz mit der Hand abgenommen und nach oben geführt wurden.

c) Lösemitteltinte

Solche Tinten finden sich derzeit vor allem bei großformatigen Außenanwendungen, da die hiermit erzeugten Drucke wasserfest sind. Ein Einsatz in einem Industriedrucker (z.B. einem Continuous Inkjet) ist denkbar.

Bezüglich der Tinte bot sich schon aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten die *Bio-Solvent*-Tinte an, die aus erneuerbaren Rohstoffen hergestellt wird – allerdings wurde der auf [33, S. 5] erwähnte Mutoh ValueJet 1604, welcher diese Tinten verwendet, bereits vom Markt genommen.

Nach einem Blick auf Mutohs derzeit verfügbare Tintentypen [vgl. 172] lässt sich aber leicht schlussfolgern, dass die *Bio-Solvent*-Tinte weiterexistiert, wenn auch unter dem Namen *MP11 Multipurpose Ink* – denn »das Hauptträgermaterial der Tinten des Typs MP11 ist ein Lösungsmittel aus erneuerbaren Ressourcen, das aus Mais gewonnen wird« [172]. In dieser Quelle wird auch ein neuer Drucker erwähnt, in dem diese Tinte zum Einsatz kommt: Der *Mutoh ValueJet 1617H*. Das »H« steht dabei für »Hybriddrucker«, da zu diesem Drucker eine Art Tisch gehört, unter dessen Zuhilfenahme auch starre Materialien bedruckt werden können [vgl. 173]. Acrylplatten sind beispielsweise denkbar.

Nach eine Anfrage bei Mutoh durfte direkt jener Drucker verwendet werden, der sich in Mutohs Democenter in Düsseldorf befindet (Bild 42), wodurch auch die Verwendung der *MP11*-Originaltinten sichergestellt war. Dort stand auch ein 1,1 mm dicker gestrichener Karton im Großformat zur Verfügung. Entsprechend bot es sich an, mehrere A3-Blätter auf diesem Karton zu fixieren, um mehrere Bögen zugleich bedrucken zu können.

Zum Ansteuern des Druckers diente ein Onyx-RIP. Mit dieser Software wurden vier Testformen (abwechselnd PDF/X-1a und PDF/X-4) nebeneinander arrangiert, wobei die Zuschnittmarken aktiviert wurden. Nun wurde der Trägerkarton so eingelegt, dass er bündig mit einer an der Front befindlichen Kante des Druckers abschloss, und im Drucker eingespannt. Hiernach erkennt der Drucker automatisch die Kanten des Mediums und dessen Dicke – mit letzterer wird die Höhe des Druckkopfes selbsttätig eingerichtet, sodass ein Headcrash vermieden wird. Nun wurden die vier Testformen auf den Trägerkarton gedruckt – zumindest so lange, bis die oberen Zuschnittmarken und der Beginn der Testform sichtbar waren. Hiernach wurde der Karton entnommen und vier leere A3-Bögen den Schnittmarken entsprechend aufgelegt. Danach wurden die Ecken der Bögen mit Bleistift auf dem Trägerkarton markiert und die Papiere abgenommen. Der markierte Bereich wurde nun mit nicht-permanentem Sprühkleber (*UHU 3 in 1 Sprühkleber*) dünn beschichtet und 30 Minuten trocknen gelassen.

Auf diesem Trägerkarton konnten nun 4 Bögen A3 fixiert werden, indem sie nach dem Auflegen auf dem Kleber mit den Händen aufgestrichen wurden. Die Papiersorte wurde dabei mit Bleistift auf dem Rand des Bogens vermerkt, da sich je zwei verschiedene Papiere auf dem Bogen befanden. Sofern der mit den Bögen belegte Karton auf die gleiche Weise wie beim Erstdruck im *ValueJet 1617H* fixiert wurde, konnten nun mit einem Druck vier Nutzen gleichzeitig hergestellt werden – ohne dass das Druckbild den entsprechenden Druckbogen verfehlte.



Bild 42: Der in Mutohs Democenter befindliche ValueJet 1617H

Nach dem Druck mussten die Papiere mit einem möglichst großen Winkel vom Trägerkarton abgezogen werden, damit der Sprühkleber unbeschädigt blieb. So konnten direkt die nächsten Bögen bedruckt werden, ohne dass ein neuer Trägerkarton dafür vorzubereiten war.

All die genannten Schritte sollen nochmals in Bild 43 visualisiert werden.

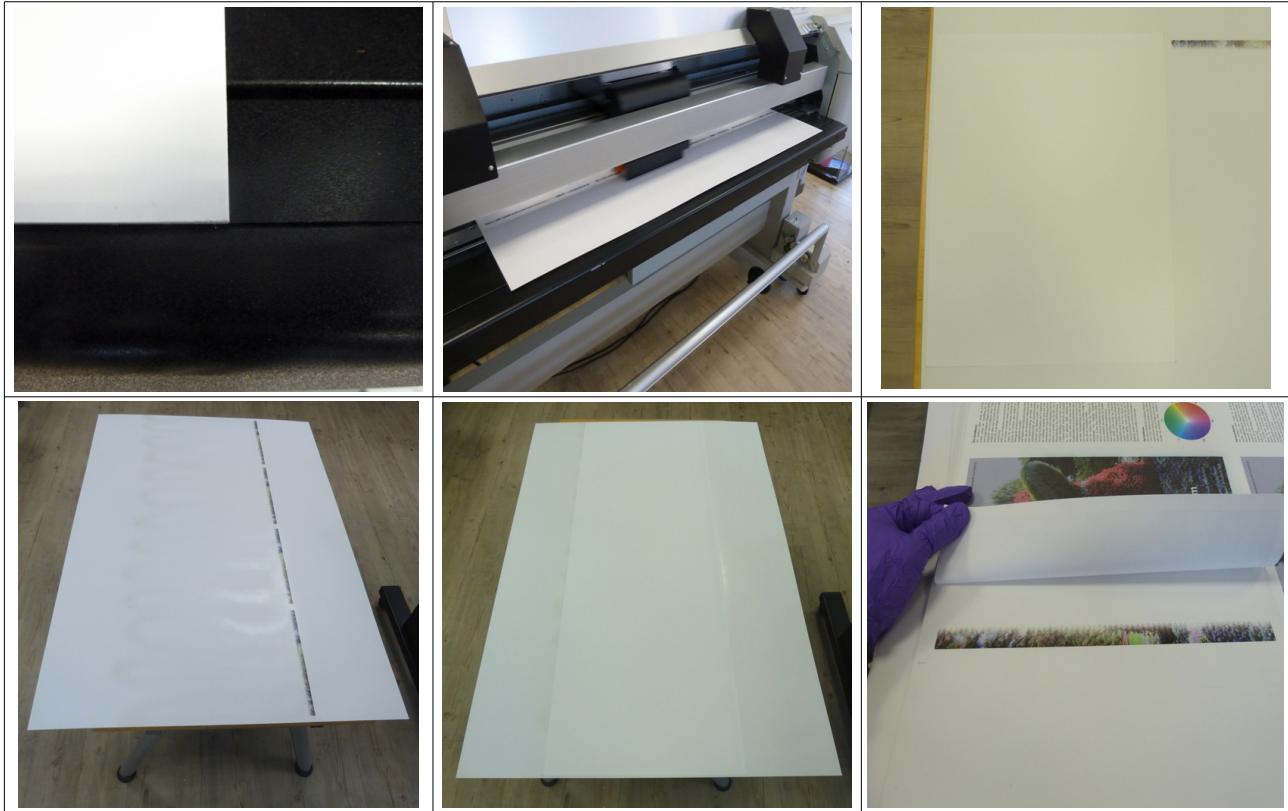


Bild 43: Wichtige Schritte zum Druck von mehreren Nutzen auf dem ValueJet 1617H durch Verwendung eines Trägerkartons. Oben links: Ausrichtung des Trägerkartons an der vordersten Kante innerhalb der Maschine. Oben Mitte: Druck von Schnittmarken und dem Beginn der Testform auf dem Trägerkarton. Oben Rechts: Auflegen von A3-Bögen auf die Marken und anzeichnen aller Ecken. Unten links: Der fertige, mit Sprühkleber versehene Trägerkarton. Unten Mitte: Der Trägerkarton mit vier nicht-permanent fixierten A3-Bögen. Unten Rechts: Abziehen der fertigen Drucke vom Trägerkarton.

Bei den finalen Druckeinstellungen zum Bedrucken der Papiere war das Farbmanagement wieder deaktiviert und die Qualitätseinstellung ›Stochastic 1440x720 Highest Quality‹ wurde verwendet, da mit dieser eine entsprechende Farbmenge bereits mit dem Trägerkarton kalibriert worden war. Beim Drucken der beiden Erstdrucke auf einem Papier wurde ein unidirektionaler Druck verwendet, um die entsprechende Druckqualität sicherzustellen. Hierbei wurde festgestellt, dass die X-4-Testform trotz deaktiviertem Farbmanagements diesem unterzogen und somit rotstichig wurde – was bei der X-1a (die auf identische Weise verarbeitet wurde) nicht geschah.

Da ein unidirektionaler Druck auf vier Papieren etwas über eine halbe Stunde dauerte, wurde für die zu deinkenden Drucke nicht nur die Verwendung der PDF/X-1a festgelegt, sondern auch ein bidirektionaler Druck. Dieser ließ zwar das Druckbild unscharf werden, aber da die aufgebrachte Farbmenge gleich blieb, wurde dies für die Halbierung der Druckzeit in Kauf genommen.

d) Ölbasierte Pigmenttinte

Zwar ist es theoretisch möglich, dass in Öl auch Farbstoffe gelöst werden, doch auf dem Markt ist momentan nur eine ölbasierte Pigmenttinte verfügbar, die auch in keinen anderen Maschinen als den *ComColors* von Riso zu Einsatz kommt [vgl. 174, S. 15–17]. Eine solche Maschine muss also zwangsläufig verwendet werden. Zudem ist diese Kombination für Deinking-Versuche besonders vielversprechend, da eine solche Tinte einer Offset-Druckfarbe am nächsten kommt.

Bei Okapost in Stuttgart konnte die kleinste der neuesten *ComColor*-Maschinen sichergestellt werden, die *ComColor X1 3150* (Bild 44). Diese kann zwar nur Blätter im A4-Format bedrucken, nutzt aber mit der *X1 Ink* (Artikelnummern *S-6701E* für Schwarz, *S-6702E* für Cyan, *S-6703E* für Magenta und *S-6704E* für Gelb) die gleiche Tinte wie die größeren Maschinen für A3-Bögen, sodass eine Vergleichbarkeit zu diesen dennoch gegeben ist.

Die Riso-Maschinen drucken mit einer Geschwindigkeit ähnlich der des Memjets³², erreichen dies aber nicht über einen seitenbreiten Druckkopf, sondern über ein Array von vielen kleineren Druckköpfen, welches sich über die komplette Seitenbreite erstreckt. Die Köpfe selbst haben eine native Auflösung von 300 dpi – im Drucktreiber kann aber zumindest in Druckrichtung die doppelte Auflösung eingestellt werden, was auch so geschah.

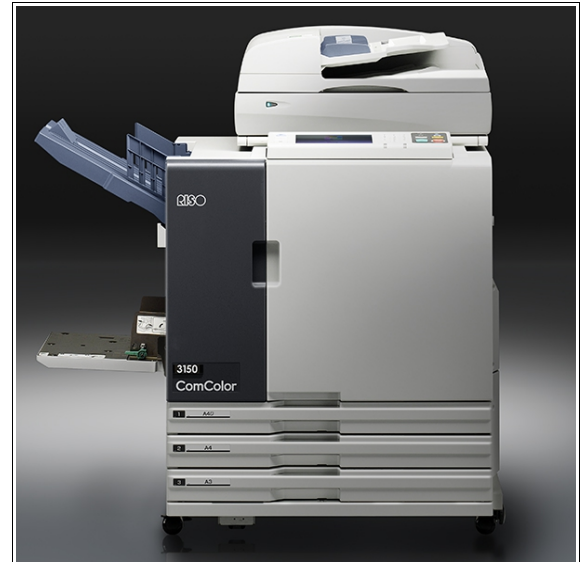


Bild 44: Eine Riso ComColor X1 3150 [175]

Weiterhin kann der Weg des Papiers innerhalb der Maschine eingestellt werden: So kann der Druck nach den Köpfen gewendet werden, sodass er auf einer in Armhöhe befindlichen Ablage erscheint, oder aber in geradem Weg weiter durch die Maschine geführt werden. Da nach den Ergebnissen des Memjets mit den UPM-Papieren auch hier erwartet wurde, dass die entsprechenden Drucke nicht trocken aus der Maschine gelangen, wurde letzterer Weg gewählt und die Druckbögen bei diesen Papieren am Ausgabefach manuell abgenommen und zum Trocknen verteilt.

Bei den Vordrucken mit den beiden PDF-Versionen und der Originaltinte entstand ein ähnliches Bild wie beim Memjet: Beide wurden einem minimalen Farbmanagement unterzogen und die X-4 zeigte Blitzer. Aber auch die X-1a hatte um den schwarzen Farbkreis zusätzliche schwarze Gebiete – was wohl in der groben Rasterung begründet liegt. Dennoch wurde die X-1a für die zu deinkenden Drucke verwendet.

Zu bemerken ist, dass nur den UPM-Papieren Schleifspuren auf dem Druck entstanden, die von den Anpresswalzen herrühren, mit denen das Papier durch die Maschine geführt wird. Zudem dauerte das Trocknen dieser beiden Papiere nach dem Abnehmen 5 Minuten (*UPM Finesse*) bis zu einer Viertelstunde (*UPM Digi Finesse*). Da die entstandene Druckqualität auf den unbeschädigten Stellen aber als annehmbar eingeschätzt wurde, wurden die entsprechenden Drucke dennoch deinkt – wobei der Gedanke im Hinterkopf behalten wurde, dass diese Tinte auf den beiden Papieren eigentlich nach einer Trockeneinheit in der Maschine verlangt (oder zumindest nach einer anderen Art des Bahntransportes).

e) UV-härtende Tinte

Derartige Tinten sind in verschiedenen großformatigen Inkjets verbreitet. Um einen ähnlichen Druck-Workflow zu erreichen wie beim *Mutoh ValueJet 1617H* soll für die Versuche ein UV-Inkjet herangezogen werden, der Platten bedrucken kann. Aus Nachhaltigkeitsgründen soll die Aushärtung der Tinten zudem per UV-LED erfolgen, da diese weniger Energie benötigen als konventionelle UV-Strahler [vgl. 176].

Entsprechende Drucker sind in Gestalt von Flachbettdruckern verbreitet und von vielen Anbietern verfügbar, so zum Beispiel die *Anapurna*-Maschinen von Agfa, die *Omega* von Durst, die *JFX*-Drucker von Mimaki oder die *VersaUV*-Reihe von Roland [vgl. 176]. Von diesen ist der *Mimaki JFX* am interessantesten, da er mit zwei verschiedenen Tinten betrieben werden kann: Einer Tinte für starre Substrate namens *LH-100* und einer Tinte für flexible Substrate namens *LUS-150* [vgl. 177]. Von diesen wäre letztere die optimale Tinte für eine Untersuchung, da ihre Flexibilität auch eine unproblematische Verwendung auf Papieren ermöglichen sollte.

Ein JFX-Drucker, der *Mimaki JFX500-2131*, konnte bei Stichnothe in Sarstedt verwendet werden, wo zudem die flexible *LUS-150*-Tinte zum Einsatz kam (mit den Artikelnummern *LUS15-C-BA* für Cyan, *LUS15-M-BA* für Magenta, *LUS15-Y-BA* für Gelb und *LUS15-K-BA* für Schwarz). Auf diesem Drucker konnten problemlos zu 7x2 Bögen A3 arrangiert werden – und das sogar ohne Trägermedium, da der Flachbettisch der Maschine mit einer Vakuumanasaugung ausgerüstet ist (siehe Bild 45).

³² Auf [175] werden bis zu 90 A4-Seiten pro Minute angegeben.



Bild 45: Die Mimaki JFX500-2131 von Stichnothe beim Bedrucken von 7x2 Bögen A3

Als Steuerungssoftware wurde bei Stichnothe ein ColorGate-RIP verwendet, auf dem das entsprechende Arrangement der PDFs vorgenommen wurde (die erste Reihe im Format X-1a, die zweite im Format X-4), wobei wieder das Farbmanagement deaktiviert wurde. Als Druckauflösung wurden »600x900 dpi (MAPS)« eingestellt, da dort die Tintenmenge vorkalibriert war und keine Kanten zwischen den einzelnen Druckkopf-Durchgängen entstehen – letzteres ist durch das *Mimaki Advanced Pass System (MAPS)* sichergestellt, durch welches das Druckbild in mehreren Abstufungen übereinander gedruckt wird [vgl. 177]. Weiterhin wurden die Drucke unidirektional hergestellt, da nur so eine ausreichende Härtung der UV-Tinte auf den Papieren ohne Durchschlagen sichergestellt werden konnte. Ein Druck von 14 Bögen A3 dauerte dann etwas über eine Viertelstunde. Qualitätsunterschiede zwischen den PDF-Varianten waren nicht sichtbar, sodass im Endeffekt eine etwa gleiche Mischung von beiden für die Deinking-Versuche herangezogen werden konnte.

f) Wachstinte / Hot-Melt-Tinte

Derartige Tinten kommen beim Thermotransferdruck und bei speziellen Inkjets zur Anwendung. Letzteren wird aus Gründen der Ressourceneffizienz (es ist kein Trägerband nötig) der Vorzug gegeben.

Xerox verkauft Hot-Melt-Inkjets unter dem Namen *ColorQube* – die zugehörige Tinte wird als *Solid Ink* vermarktet [vgl. 33, S. 9]. Auch Océ nutzt bei seiner *CrystalPoint*-Technologie eine Hot-Melt-Tinte, die aber unter dem etwas irreführenden Namen *TonerPearls* vermarktet wird [vgl. 178]. Aufgrund der leichteren Verfügbarkeit der *ColorQubes* (auch bei diversen Online-Händlern) wurden jene bevorzugt ausgewählt.

Im Dresdner Copyshop Copy Cobana konnte ein *Xerox ColorQube 9303* mit Originaltinten (*Xerox Solid Ink* mit den Artikelnummern 108R00829 für Cyan, 108R00830 für Magenta, 108R00831 für Gelb, 108R00832 für Schwarz) gesichert werden (siehe Bild 46), der direkt A3-Bögen verarbeiten kann.

Die Geschwindigkeit und die native Auflösung des Druckers von 300 dpi waren ähnlich jener der *Riso ComColor*, was auch hier auf einen Array von ähnlichen Druckköpfen schließen lässt. Die Druckeinstellungen waren »300x600 dpi« und »Standard« im Sinn von »keine Farboptimierung«. Dennoch nahm der Drucker eine Farbkonvertierung vor, die für die beiden PDF-Versionen zu unterschiedlichen Ergebnissen führte: Beim dunklen Farbkreis der X-1a wurden die Abstufungen in den Ringen mit 80% und 90% Schwarz verfälscht (diese beiden Kreise erhielten den gleichen Grauton), weswegen die 15 Drucke fürs Deinking mit der X-4 hergestellt wurden.



Bild 46: Der Xerox ColorQube 9303 von Copy Cobana

g) Trockentoner

Diese Art von Druckfarbe wird in der Elektrofotografie verwendet, aber auch in der Ionografie und Magnetografie. Da die Elektrofotografie den Hauptteil der derzeit verbreiteten Tonerdruck-Maschinen stellt, sollte sie jene Variante sein, deren Toner in dieser Arbeit untersucht wird.

Um die Nachhaltigkeit von Trockentoner-Maschinen zu erhöhen, sollten diese einen möglichst geringen Energieverbrauch haben. In Bezug auf den Toner kann dies erreicht werden, indem dessen Schmelzpunkt herabgesetzt wird, sodass weniger Energie für dessen Fixierung benötigt wird. Xerox hat solche Toner unter dem Namen *EA Toner* im Angebot [vgl. 179], welcher in den Maschinen *C60*, *C70*, *D1xx*, *Nuvera* und *Versant* zum Einsatz kommt [vgl. 180]. Auch Ricoh hat mit dem *PxP-EQ Toner* einen niedrigschmelzenden Toner entwickelt, der in den Maschinen *Aficio MP C5502/C4502/C3502/C3002* verwendet wird [vgl. 181].

Aus dieser Auswahl konnte schlussendlich eine *Xerox Versant Press 2100* (Bild 47) gesichert werden. Die entsprechenden Drucke wurden mit dem Originaltoner (*Xerox 006R1630* für Schwarz, *Xerox 006R1631* für Cyan, *Xerox 006R1632* für Magenta, *Xerox 006R1633* für Gelb) bei X-Doc Solution in Landsberg durchgeführt und fanden bei deaktiviertem Farbmanagement und der maximalen Auflösung der Bebilderungseinheit statt.



Bild 47: Eine Xerox Versant 2100 Press [182]

Bei den entstehenden Drucken war die PDF/X-1a optisch nicht von der PDF/X-4 zu unterscheiden, sodass die 15 Drucke fürs Deinking mit jener hergestellt wurden, die gerade geladen war: der PDF/X-4.

h) Flüssigtoner

Flüssigtoner-Maschinen sind auf dem Markt relativ stark verbreitet – aber momentan nur in Form unterschiedlicher *HP Indigos*. Die Indigo-Maschinen tragen alle eine Nummer, deren Produktivität mit zunehmender Zahl größer wird. Aber auch eine Neukonstruktion der Maschine wird durch die letzten drei Ziffern der Nummer angedeutet (z.B. die *Indigo 5000*, die im Angebot von HP durch eine *Indigo 5500* ersetzt wurde). Die Firma Xeikon entwickelt mit der *Trillium* auch eine eigene Flüssigtoner-Maschine, deren Flüssigtoner nicht nur Pflanzenöl als Trägermedium verwendet, sondern zudem auch direkt deinkbar sein soll [vgl. 183] – doch diese Maschine ist noch nicht auf dem Markt verfügbar.

Entsprechend wurde eine Druckerei gesucht, welche mit einer *Indigo* Drucke auf A3-Bögen erstellt – eine überraschend schwere Aufgabe, da die meisten Indigo-Druckereien sich auf Papiere in der Größe des Gummituches beschränken (SRA3), da kleinere Formate Abdrücke in diesem verursachen.

Schließlich kam eine Zusage von Walter Digital aus Korntal-Münchingen, wo die Drucke auf einer *HP Indigo 7600* erstellt werden sollten. Allerdings kam es dort gleich zu Beginn der Versuche zu einem Maschinenfehler, der sich innerhalb von zwei Stunden nicht beheben ließ – die Druckversuche mussten entsprechend abgebrochen werden.

Ersatzweise konnte eine (nicht mehr vertriebene) *HP Indigo 5000* bei E. Kurz in Stuttgart gesichert werden (Bild 48). Auf dieser wurden die Testformen wieder ohne Farbmanagement gedruckt, wodurch es keine sichtbaren Unterschiede zwischen den PDF-Versionen gab. Entsprechend wurde wie zuvor die PDF/X-4 zum Erstellen der 15 zu deinkenden Drucke verwendet. Die Fixiertemperatur betrug dabei 150 °C, die verwendete Tinte war die *ElectroInk 4.0* (mit den Produktnummern *Q4012B* für Schwarz, *Q4013B* für Cyan, *Q4014B* für Magenta und *Q4015B* für Gelb). Der Druck selbst ging dieses Mal problemlos von Statten.



Bild 48: Die HP Indigo 5000 von E. Kurz

4.4.5 Finale Farb-Papier-Kombinationen

An dieser Stelle sollen nun alle verwendeten Papiere zusammen mit den verfügbaren Druckmaschinen und den entsprechenden Farben in einer Matrix (Tabelle 2) zusammengestellt werden. Zusätzlich ist eine Spalte für wasserquellbare Beschichtungen eingefügt, da sich diese beim Bedrucken mit der gleichen Tinte anders verhalten als lösemittelquellbaren Beschichtungen. Untersucht werden konnten erstere dennoch nicht, da sich bei allen noch verfügbaren wasserquellbaren Papieren eine Polyethylenschicht im Papier befindet und derartige Papiere wegen des problematischen Blistering-Verhaltens von den Untersuchungen ausgeschlossen wurden.

Papiersorte			Naturpapiere					pigmentierte & gestrichene Papiere						
Anwendungsbereich / Papiertechnologie			nicht für dynamische Digitaldruck-Verfahren	Multifunktionspapiere			speziell für Inkjet	speziell für Toner i-Tone	Inxwell-Pigmentierung	nicht für dynamische Digitaldruck-Verfahren	speziell für Inkjet			speziell für Toner
				allgemein	ColorLok	ProDigi					quellbare Beschichtung		poröse Beschchtung	
											wasser-quellbar	lösemittel-quellbar		
Papiername			IGEPA maxiscript	Portucel Navigator	Mondi DNS Color Print	April Asia PaperOne Digital	Metsä Modo Jet Plus	Mohawk Loop Eco white vellum	UPM Finesse premium silk	Keine Papiere ohne PE-Schicht erhältlich	Sihl UniSolv BillArt Paper wb 120 g/m²	Mitsubishi jetscript ML 1284	UPM Digi Finesse premium silk	
Farbsorte	Druckmaschine	Druckfarbe	120 g/m²	120 g/m²	120 g/m²	100 g/m²	100 g/m²	118 g/m²	115 g/m²			116 g/m²	115 g/m²	
Wasserbasierte Farbstofftinte	Memjet C6030 MFP	Memjet Formula Ink C6000 Seriess												
Wasserbasierte Pigmenttinte	HP OfficeJet Pro X476dw MFP	HP 970 & 971 (CN62xAE)												
Lösemitteltinte	Mutoh ValueJet 1617H	Mutoh MP11 Multi-purpose Ink												
Ölbasierte Pigmenttinte	Riso ComColor X1 3150	Riso X1 Ink (S-670xE)												
UV-härtende Tinte	Mimaki JFX500-2131	Mimaki LUS-150 (LUS15-x-BA)												
Wachstinte	Xerox ColorQube 9303	Xerox Solid Ink (108R008xx)												
Trockentoner	Xerox Versant Press 2100	Xerox EA Toner (006R163x)												
Flüssigtoner	HP Indigo 5000	HP ElectroInk 4.0 (Q401xB)												

Tabelle 2: Die Matrix der verwendeten Farb-Papier-Kombinationen einschließlich der verwendeten Druckmaschinen.

Diese Tabelle wurde anfangs verwendet, um die Fortschritte bei den nachfolgenden Deinking-Versuche festzuhalten. Sie diente aber auch als Grundlage, um schließlich in Kapitel 4.4.7 die bei den Deinking-Versuchen erzielten Ergebnisse zusammenzustellen.

4.4.6 Durchführung der Deinking-Versuche

a) Geräte und Utensilien

Die Deinking-Versuche wurden im Labor der INGEDE in Bietigheim-Bissingen durchgeführt. Dort wurden folgende Geräte und Utensilien zur Verfügung gestellt:

- Ein Trockenofen der Firma *Memmert*. Dieser wurde für die Trocknung der Filterblätter, die Alterung der Drucke, die Lagerung des Pulpes und der Trocknung der Stoffdichten verwendet. Die Frischluftzufuhr war dabei immer auf die mittlere Stufe »3« gestellt.
- Ein Muffelofen zur Veraschung jener Materialien, die zur Berechnung der Stoffdichten verwendet wurden.
- Der in der INGEDE-Methode 11 gegebene Pulper *Hobart N 50* mit dem entsprechenden Rührer (siehe Bild 49).
- Eine Feinwaage des Typs *Kern 870* zum Abwiegen von Chemikalien zur Herstellung der Deinking-Chemie, aber auch von Stoffdichten und Aschen, mit bis zu 4 Kommastellen Genauigkeit.
- Die größere Waage *Ohaus ScoutPro*, mit der Messungen bis maximal 4000 g mit einer Kommastelle Genauigkeit möglich sind. Mit dieser wurde die Masse von abgenommenem Pulp, Schäumen und der final verwendeten Deinking-Chemie gemessen.
- Diverse Kunststoffbecher mit dem Volumen von 1, 2 oder 5 Litern. In den 2-Liter-Bechern wurden die zerrissenen Drucke gewogen und die undeinkten Pulpes bis zur Herstellung der Nutschenblätter aufbewahrt (und bei geringer Menge an Schaum auch dieser). Die 5-Liter-Becher dienten zum Beschaffen und Abwiegen von heißem Wasser sowie zum Wiegen und Aufbewahren des erzeugten Schaums. Die 1-Liter-Becher dienten schließlich zum Wiegen von entnommenem Pulp oder Schaum für zur Ermittlung der Stoffdichten, und Herstellung der Nutschenblätter oder Laborblätter.
- Diverse Bechergläser unterschiedlichen Volumens zum Aufbewahren des DP-Filtrats und (in kleinerer Variante) zu dessen Abmessen.
- Das pH-Messgerät *Hach HQ40d multi* (Bild 50). Dieses besteht aus dem eigentlichen Messgerät sowie einer anzuschließenden Elektrode zum Feststellen von pH-Wert (mit zwei Kommastellen) und Temperatur (mit einer Kommastelle). Das Messgerät gibt ein Geräusch von sich, sobald sich der pH-Wert genügend stabilisiert hat und ist damit theoretisch sehr genau. Bei einer Routinekontrolle nach den ersten Deinking-Versuchen zeigte sich aber, dass die verwendete Elektrode einen zu hohen pH-Wert anzeigte³³. Auch die Ersatzelektrode zeigte sich nach deren Kalibrierung als wenig zuverlässig – außer, sie wurde nach jeder Messung unter fließendem Wasser ausgespült und dann in einem mit frischem Leitungswasser gefüllten Becher noch einige Sekunden stark gerührt. Als Indiz konnte der pH-Wert des Leitungswassers herangezogen werden – zeigte das Messgerät für diesen mehr als 7,90 an, konnte die Elektrode als verunreinigt angenommen werden. Ein zweites Indiz war, wenn die Stabilisierung des pH-Wertes länger dauerte als eine Minute. Dann konnte mit einer Reinigung der Elektrode und nachfolgendem Rühren mit dieser in der zu messenden Flüssigkeit ein glaubwürdiger pH-Wert erzielt werden.



Bild 49: Der Hobart N 50 im Labor der INGEDE nach dem Pulpen einer Drucksache



Bild 50: Das pH-Wert- & Temperaturmessgerät Hach HQ40d multi während einer Messung

³³ Die bereits durchgeführten Versuche konnten aber nicht wiederholt werden, entsprechend sind sie in der Auswertung in Anhang D besonders gekennzeichnet.

- Während der Zeit, bis eine Ersatzelektrode für das Hach-Gerät beschafft war, stand ersatzweise ein *Extech ExStik II* (Bild 51) zur Verfügung. Messfunktionen und die -genauigkeit sind identisch mit dem Hach-Gerät, aber der *ExStik II* ist kompakter aufgebaut. Zudem sind die Messelektroden direkt ins Gerät integriert. Wie während der damit durchgeführten Versuche festgestellt wurde, hat der *ExStik II* den Vorteil, dass er sich nach dem Anschalten selbst kalibriert und so robuster gegen eventuelle Verunreinigungen an den Elektroden ist – dafür hat er den Nachteil, dass er lange braucht, bis sich die angezeigte Temperatur nicht mehr verändert.

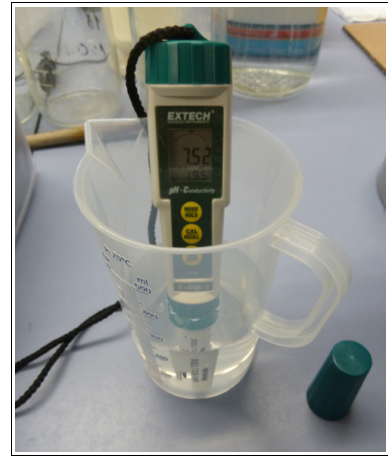


Bild 51: Der Extech ExStik II, in Wasser aufbewahrt

- Eine *Voith A Flotationszelle*. Da diese in der INGEDE-Methode 11 nicht erwähnt ist, soll sie hier genauer beschrieben werden: Sie besteht aus einem Plexiglas-Behälter, in dessen Mitte ein mit Löchern durchsetzter Kupferferring rotiert. Durch diesen wird Luft in einer nicht variablen Menge in den Pulp geblasen. Vor dem Auslauf der Zelle befindet sich etwa 5 cm tiefer gelegen ein Wehr, hinter dem ein Absaugrohr die gesäuberten Pulp wieder zurück in die Hauptkammer der Flotationszelle pumpt. Der entstehende Schaum wird manuell mit einem Paddel aus der Zelle entfernt und von einer neben der Zelle aufgestellten Kunststoffkiste aufgefangen. Bild 52 zeigt dieses Gerät während der Flotation. Diese Zelle selbst fasst insgesamt 18 Liter Pulp.



Bild 52: Die zur Verfügung gestellte Voith A Flotationszelle mit Paddel und Schaumkiste während einer Flotation

- Vier Büchner-Trichter mit einem maximalen Durchmesser von 135 mm sowie jeweils ein 1 Liter Flüssigkeit fassender Erlenmeyerkolben. An diesem ist wiederum per Schlauch eine elektrische Saugeinheit angeschlossen, durch die per Schlauch ein Unterdruck im Kolben erzeugt wird. Dies beschleunigt die Filtration des Pulp erheblich. Als passende Filterpapiere wurden die Sorten *Whatman 595* zur Ermittlung der Stoffdichten verwendet und *Whatman 41* zur Herstellung der Nutschenblätter. Letzere Kombination ist in Bild 53 zu sehen.

- Ein weiterer mit einer Saugeinheit verbundener Erlenmeyerkolben, auf den eine poröse steinerne Auflage für Membranfilter aufgelegt wird. Zu deren Herstellung werden die zuvor erwähnten Zellulosenitratfilter *Sartorius 11306-050N* verwendet. Diese werden auf die Auflage gelegt und befeuchtet; danach wird ein Edelstahltrichter mit 39 mm Bodendurchmesser über beides übergestülpt und befestigt. In diese in Bild 54 gezeigte Konstruktion werden schließlich die 100 g Filtrat gegeben.



Bild 53: Aufbau zur Herstellung eines Nutschenblatts

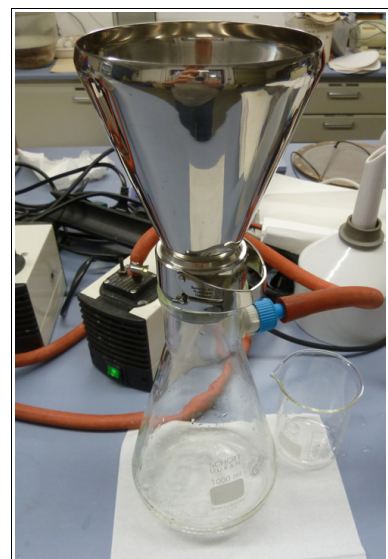


Bild 54: Gesamtkonstruktion zur Herstellung von Membranfiltern

- Ein Rapid-Köthen-Blattbilder der Firma *Gerd Senkel* mit vier zugehörigen Trocknern (siehe Bild 55).



Bild 55: Der zur Verfügung gestellte Rapid-Köthen-Blattbildner mit vier Trocknern während der Herstellung eines Laborblatts

Wegen diverser Eigenheiten der hergestellten Drucke und der verfügbaren Laborgeräte wurde das Vorgehen beim Deinking zur eigentlichen INGEDE-Methode 11 an verschiedenen Stellen geändert. Diese sollen im folgenden beschrieben werden.

b) Verwendung der Masse als Einheit und angepasste Deinking-Chemie

Um bei den Einheiten konstant zu bleiben, wurde generell in Gramm gerechnet – auch wo in der Methode 11 Milliliter als Einheit gegeben waren. Alle Konzentrationen der hier durchgeführten Versuche sind also Massenverhältnisse, nie Volumenverhältnisse. Die Gesamtmenge an an Pulp, der sich in der gefüllten Flotationszelle befindet, wird mit dem Pauschalbetrag von 18000 g angegeben.

Die beiden gegebenen Deinking-Lösungen wurden entsprechend ebenfalls anhand der Massen angesetzt. Ansonsten wurden wie in [70, S. 6] beschrieben im Voraus je 2000 g der Standard-Chemie angesetzt. Dies geschah wie folgt:

- Ein 2-Liter-Becherglas wurde mit etwa 500 g demineralisiertem Wasser gefüllt.
- 6 g Natriumhydroxid wurden in Pellet-Form abgewogen und in das Wasser gegeben.
- Die Lauge wurde nun auf der Heizplatte unter Rühren (500 rpm) auf 60 °C geheizt. Die Temperatur wurde mit einem Thermostathfühler sichergestellt.
- Es wurden nun 8 g Ölsäure abgewogen und in die Lauge gegeben. Diese wird anfangs trüb, klart sich aber nach einigen Minuten Rühren wieder auf.
- Nun wurden 18 g Natriumsilikat abgewogen, der Lösung hinzugefügt und einige Minuten gerührt.
- Eine Zwei-Liter-Chemikalienflasche aus Kunststoff wurde auf eine Waage gestellt und diese tariert. Nach Entfernen des Rührfisches aus der Chemie wurde diese in die Flasche gegeben und mit soviel demineralisiertem Wasser aufgefüllt, dass die Waage 2000 g zeigte.

Nach [70, S. 7] wurden nach der gleichen Methodik 2000 g Minimal-Chemie hergestellt, in welcher aber nur 2 g Natriumhydroxid und 6 g Natriumsilikat eingesetzt wurden.

Statt eine Wasserstoffperoxid-Mischung herzustellen, wie in der Methode 11 auf [70, S. 6] beschrieben, wurde direkt 30%-iges Peroxid verwendet und die Menge an Wasser angepasst, die in den Pulper gefüllt wurde. Neben der 400 g Chemie wurden in diesen also 928,2 g Wasser und 4,8 g 30%-iges Wasserstoffperoxid gegeben – insgesamt also wieder die vorgegebenen 1333 g Flüssigkeit.

c) Konstanthalten der Farbmenge und der Trockenmasse an Papier

Da bei den Testformen die Farbmenge pro A3-Blatt festgelegt war, wurde sich dagegen entschieden, 200 g trockenes bedrucktes Papier in den Pulper zu füllen – denn hierbei kann nicht ausgeschlossen werden, dass einmal mehr Papierschnipsel aus dem Bildteil (mit viel Farbe) in den Pulper gelangen und einmal mehr Papierschnipsel aus dem Textteil (mit wenig Farbe), was die Wiederholbarkeit der Versuche einschränken würde. Stattdessen wurde entschieden, dass für jede Tinten-Papier-Kombination die gleiche Zahl an Drucken der Größe A3 aufgefaserst werden, sodass pro Farbe immer die gleiche Farbmenge im Pulp vorhanden ist.

Da diese Papiere aber nicht alle die gleiche Grammatur haben, muss noch sichergestellt werden, dass überall eine konstante Menge an Papier (sprich: an trockenen Fasern plus eventuell vorhandenen Füllstoffen und Strichpigmenten) in den Pulper gefüllt wird. Deswegen wurde anfangs nicht der Feuchtegehalt der Drucke ermittelt, sondern stattdessen zu jeder bedruckten Papiersorte das Trockengewicht zweier unbedruckter Blätter der Größe A4 festgestellt. Dies erfolgte in Analogie zur ISO 638 [184] bei 105 °C im Trockenofen. Da hiernach noch der Aschegehalt der Papiere nach ISO 1762 [76] festgestellt wurde, wurden die A4-Blätter schon zu für die Messung des Trockengewichts in Streifen geschnitten, in einen nummerierten Tiegel eingebracht und die Papiere mit diesem getrocknet und gewogen. Danach konnten sie direkt in den Muffelofen gestellt und nach [76, S. 2] 3 Stunden bei 525 ± 25 °C verascht werden. Nach Wägung des mit Asche gefüllten Tiegels wurde der Tiegel gesäubert und leer gewogen, um die finalen Trockengewichte und Aschegewichte berechnen zu können.

Die Feinwaage wurde hierbei in der Nähe des Trockenofens platziert, sodass die Wägungen der Trockengewichte direkt mit den heißen Materialien erfolgen konnte, ohne dass ein Schritt über ein getrocknetes Gefäß und einen Exsikkator nötig war, wie in der ISO 638 eigentlich festgelegt ist [vgl. 184, S. 6–7]. Dieser Aufbau wurde später auch zum Wiegen der Filterblätter und Stoffdichten beibehalten.

Für das schwerste der Papiere wurde über das A4-Trockengewicht berechnet, wie viele Blätter A3 mit diesem Papier nötig wären, um die nötigen 200 g Pulp zu erreichen. Die erhaltene Zahl wurde aufgerundet und für alle Papiere als Referenz gesetzt – auf diese Weise werden nur vollständige Drucke deinkt werden und die Farbmenge bleibt über alle Versuche vergleichbar. Die Anfang berechnete Zahl der nötigen A3-Drucke war 14, auch wenn sie später auf 15 erhöht werden musste. Details hierzu stehen in Anhang C.

Für das schwerste Papier wurde übers A4-Trockengewicht noch berechnet, wie viel trockenes Papier in den Pulper gelangt, wenn die vollständigen Drucke aufgefaserst werden. Diese Menge wurde als Referenz für alle anderen Papiere gesetzt und für alle anderen Papiere wurde festgelegt, dass die Differenz mit unbedruckten Blättern aufzufüllen ist. Auf diese Weise kann neben der Farbmenge auch die Menge an Papier im Pulper konstant gehalten werden. Als Größe für diese Auffüll-Blätter wurde das Format A8 gewählt, da es klein genug, dass man eine hohe Genauigkeit beim Endgewicht erhält, aber gerade noch so groß, dass man diese Blätter auf einer Handschneidemaschine oder durch Falzen und Schneiden der A3-Bögen unproblematisch herstellen kann. Die nötige Menge an A8-Blättern wurde wiederum übers A4-Trockengewicht der untersuchten Papiere berechnet und der ermittelte Wert normal gerundet. Details stehen wieder in Anhang C.

d) Vorversuche mit unbedrucktem Papier zum Feststellen der zu verwendenden Deinking-Chemie

Weiterhin war es nicht möglich, dass ein Versuch wegen eines außerhalb des festgelegten Bereichs liegenden pH-Wertes wiederholt werden konnte, da pro Farb-Papier-Kombination genau die Drucke für einen einzigen Deinking-Versuch erstellt worden sind. Zudem ist es weder ressourcenschonend, in einem solchen Fall den kompletten Pulp des Versuches zu zerstören, noch sonderlich realistisch, da eine Papierfabrik in einem solchen Fall wohl eher die Menge an Chemikalien anpassen würde.³⁴

Daher wurden, wie im Anhang A der INGEDE-Methode 11 [70, S. 13] beschrieben, Vorversuche mit 1/10 aller Mengen durchgeführt – allerdings auf unbedrucktem Papier, um den Einfluss einer bestimmten Druckfarbe auf den pH-Wert ausschließen zu können. Da der *Hobart*-Pulper so geringe Mengen an Papier nicht verarbeiten kann, wurde das Papier nach [70, S. 13] per Handrührgerät in einem Kunststoffbehälter aufgefaserst (siehe Bild 56) und dann 20 Minuten lang bei 45 °C gelagert. Danach wurde der Faserbrei ausgepresst und dessen pH-Wert gemessen.

³⁴ Zukünftige Versionen der INGEDE-Methode 11 sollten daher eine Live-Anpassung der Chemie berücksichtigen.

Bei den ersten Vorversuchen wurde zur Messung des pH-Wertes das *Hach HQ40d multi* verwendet und je Papier ein Vorversuch mit der Standard-Chemie und ein Versuch mit der Minimal-Chemie durchgeführt. Es wurde für die Deinking-Versuche dann jene Chemie festgelegt, bei welcher sich der ermittelte pH-Wert im in der INGEDE-Methode 11 gegebenen Toleranzbereich von $9,5 \pm 0,5$ befindet [vgl. 70, S. 7]. Bei allen untersuchten Papieren war dies nur für die Minimal-Chemie der Fall, während die Standard-Chemie immer pH-Werte größer 10 lieferte.



Bild 56: Utensilien für einen Vorversuch zur pH-Wert-Bestimmung mit 1/10 aller Mengen

Bei den nachfolgenden Deinking-Versuchen wurde aber festgestellt, dass bei diversen Versuchen die pH-Werte nach dem Pulpen unter 9 lagen – und generell unter dem in den Vorversuchen ermittelten Wert. Aus letzterem Grund wurde angenommen, dass die Elektrode des Messgeräts fehlerhaft war – was eine spätere Routinekontrolle bestätigte.

Daher wurden die Vorversuche für alle Papiere wiederholt, als der *Extech ExStik II* ersatzweise verfügbar war. Um eine größere pH-Wert-Sicherheit bei den nachfolgenden Deinking-Versuchen zu erhalten, wurde aus den Messergebnissen der Vorversuche per Dreisatz eine Mischung der beiden Chemien errechnet, die einen theoretischen pH-Wert von 9,40–9,60 erzielte, also möglichst nah am Optimalwert der INGEDE-Methode 11 lag. Die Schritte, in denen die Mengen der beiden Chemien dabei variiert wurde, betrug 50 g.

Bei den Vorversuchen stellte sich auch heraus, dass das *UniSolv BillArt Paper* so nassfest war, dass es nicht vom Handrührgerät aufgefaserter werden konnte. Da der *Hobart-Pulper* baulich dem Rührgerät ähnlich ist, stellte sich die Frage, inwiefern dieser das Papier dann auffasern kann. Aus diesem Grund wurde ein zusätzlicher Versuch durchgeführt, bei dem unbedrucktes *UniSolv*-Papier in der zu dieser Zeit gültigen Menge und mit Minimal-Chemie in den *Hobart-Pulper* gefüllt wurde – wonach dieser so lange im 2. Gang laufen gelassen wurde, bis ein Pulp entstand, der jenen der anderen Papieren aus den Vorversuchen ähnlich war. Dies dauerte insgesamt 300 Minuten – was viel zu weit außerhalb der Bestimmungen der INGEDE-Methode 11 lag, die nur 20 Minuten festlegt [vgl. 70, S. 6]. Daher wurde das *UniSolv BillArt Paper* von allen Deinking-Versuchen ausgeschlossen.

Da auf dem Trockengewicht des *UniSolv* die Menge an zu deinkenden Drucken basierte, wurde diese danach neu mit dem nächstschwersten Papier berechnet – dem *Portucel Navigator*. Dadurch erhöhte sich die Zahl an A3-Drucken auf 15 pro Versuch – und die Menge an Papier im Pulper ebenso. Details hierzu stehen in Anhang C. Da diese Neuberechnung noch vor dem ersten Deinking-Versuch stattfand, gelten die entsprechenden Daten für alle Versuche. Auch die Wiederholung der Vortests zum pH-Wert (siehe ebenfalls Anhang C) fand mit den neuen Werten statt.

Bei der Wiederholung der Vortests wurde zusätzlich noch getestet, ob das *UniSolv* mit einem Pürierstab aufgefaserter werden kann – immerhin darf laut Methode 11 auch ein solches Werkzeug zur Durchführung der Vorversuche verwendet werden [vgl. 70, S. 13]. Es wurde hierzu ein privat verfügbarer Pürierstab der Firma *Guzzini* verwendet (Bild 57). Zum Schutz vor Überhitzung des Motors wurde aber die Zeiten, mit denen der Pürierstab mit dem Papier in Berührung kommt, stark verkürzt (Details hierzu stehen wieder in Anhang C). Dennoch konnte das *UniSolv* mit diesem erfolgreich aufgefaserter werden. Das Papier blieb aber von allen Deinking-Versuchen ausgeschlossen, das außer dem *Hobart N 50* kein anderer Pulper zur Verfügung stand, welcher dem Pürierstab baulich ähnlich gewesen wäre.



Bild 57: Der zum Auffasern des Sphl UniSolv verwendete Guzzini-Pürierstab

e) Besondere Festlegungen bei den eigentlichen Deinking-Versuchen

Die Drucke wurden, wie in der Methode 11 beschrieben, insgesamt 20 Minuten im *Hobart-Pulper* im 2. Gang desintegriert [vgl. 70, S. 6]. Zusätzlich dazu wurde der Pulper aber alle 5 Minuten kurzzeitig gestoppt, und Papierreste, die sich unterm Deckel und an den Rändern der Metallschüssel festgesetzt hatten sowie jene, die sich ums Rührgerät selbst gewickelt hatten, manuell abzulösen und in den Pulp zurück zu geben.

Auch Verluste an Deinking-Chemie, die sich bei einigen Papieren durch Heraustropfen der Flüssigkeit aus dem Deckel ereigneten, wurden zu dieser Zeit ausgeglichen, indem die Flüssigkeit mit einem Papiertuch aufgewischt und zurück in den Pulper gepresst wurde.

Die Flotationszelle wurde beim ersten Deinking-Versuch noch mit einer Stoffdichte von 0,8% für 10 Minuten betrieben – in Anlehnung an die Parameter für eine PTS-Flotationszelle [vgl. 70, S. 9]. Da bei der Voith-A-Zelle aber die Luftzufuhr nicht geregelt werden kann (und damit die anderen Parameter relativ hinfällig sind), wurde entschieden, die Flotation bei allen späteren Versuchen mit einer Pulp-Konzentration von 1 % durchzuführen. Dies vereinfachte auch den Ablauf der Versuche dahingehend, dass die Menge an zu handelndem UP und verschmutzten Utensilien zurückging³⁵.

Weiterhin wurde für alle Versuche Leitungswasser verwendet³⁶. Dies führte zum Vorteil, dass die Temperatur von 45 °C, welche die Flüssigkeit halten muss, durch eine Kombination von heißem Leitungswasser (etwa 50 °C) und kaltem Leitungswasser (etwa 17 °C) wie folgt hergestellt werden konnte:

- Vor dem Pulpen wurde die kalte Chemie (deren Flaschen bei Raumtemperatur lagerten) nur mit heißem Wasser gemischt.
- Vor der Lagerung wurde der (im Pulper erkaltete) Pulp in einen Kunststoffeimer gegeben und mit 2667 g rein heißem Wasser verrührt, sodass 4000 g Pulp entstanden.
- Nach der Lagerung wurden 400 g dieses Pulps abgenommen und mit kaltem Wasser auf 2000 g aufgefüllt, um den zu untersuchenden UP zu erzeugen. Die restlichen 3600 g des gelagerten Pulps kamen kam in die Flotationszelle, zwei volle 5-Liter-Becher heißes Wasser wurden hinzu gegeben und schließlich soviel kaltes Wasser nachgefüllt, bis die Zelle vollständig gefüllt war.

Die entstehende Temperatur bewegte sich dabei in jedem Fall in einem Bereich von $45 \pm 2,5$ °C.

Während der Flotation wurde kein Wasser nachgefüllt, um abschätzen zu können, welchen Einfluss die im Papier verwendeten Materialien sowie die verwendete Druckfarbe auf die Bildung des Schaumes haben. Im Normalfall blieb dennoch genügend Wasser in der Flotationszelle, um den Schaum über das Wehr und die Rücksaugung hinaus aus der Zelle zu befördern. Die einzigen wenigen Ausnahmen waren bei der UV-härtenden Tinte von Mimaki zu verzeichnen und sind in Anhang D entsprechend gekennzeichnet.

Da undeinkter Pulp beim Befüllen der Flotationszelle in den Ablasshahn läuft, wo er nicht mit flотиert werden kann, wurde nach der Flotation der komplette Inhalt der Zelle in einen 20-Liter-Eimer abgelassen, um die im Hahn befindlichen Rückstände so weit wie möglich zu verdünnen. Hiernach wurde festgestellt, dass dabei immer Faserreste in der Flotationszelle zurückblieben, die zum Teil sogar noch verschmutzt waren – Bild 58 stellt diesen Sachverhalt auch visuell dar. Die Menge an undeinkten Fasern variierte allerdings je nach Papier und Farbe.

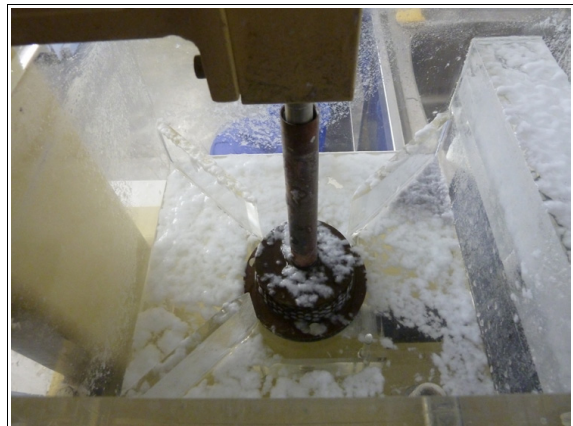


Bild 58: Faserrückstände in der Voith A Flotationszelle nach deren Ablassen – in der hinteren rechten Ecke sind noch gefärbte Fasern zu sehen, die von der Flotation wohl nicht erfasst wurden.

Die zur Berechnung der Stoffdichten nötigen Filterblätter *Whatman 595* wurden über Nacht getrocknet, sodass sie am nächsten Morgen direkt als bis zur Massekonstanz getrocknet angenommen werden konnten. Wie zuvor bei den Trockengewichten der Papiere wurden sie aus dem Ofen genommen und sofort mit der daneben stehenden Feinwaage gewogen. Die erste Gewicht, bei dem sich die Waage stabilisiert hat, wurde schließlich als Trockengewicht auf ein entsprechendes Filterblatt geschrieben [vgl. 74, S. 3].

Das Material zur Stoffdichten-Berechnung soll ebenfalls bis zur Massekonstanz getrocknet werden [vgl. 74, S. 3], aber da diese Materialien bereits vorgetrocknet aus dem Rapid-Köthen-System in den Trockenofen gelangen, wurde folgendes festgelegt, um die Versuche nicht unnötig zu verlängern: Pulps werden nach 1 Stunde im Ofen als fertig getrocknet eingeschätzt, Schäume nach 3 Stunden. Diese Trockenzeiten wurden in den Versuchen nicht unterschritten.

³⁵ Beim Erstversuch mit 0,8 % Stoffdichte wurden entsprechend 1120 g abgenommen und mit Wasser auf rund 7000 g aufgefüllt (was nicht mehr mit einer einzigen Wägung möglich war).

³⁶ In Bissingen, wo sich das INGEDE-Labor befindet, hat dieses nach [185] eine Härte von 17,3° dH.

Die jeweils notierten Gewichte von Filterblättern, das Gesamtgewicht des für die Stoffdichten getrockneten Materials, sowie das zugehörigen Aschegewichte wurde mit drei Kommastellen Genauigkeit aufgezeichnet. Die berechneten Stoffdichten und Aschegehalte wurden in Prozent berechnet und ebenfalls mit drei Kommastellen Genauigkeit angegeben. All diese Werte sind etwas genauer als von der ISO 4119 bzw. der ISO 1762 vorgeschrieben [74, S. 3 & 76, S. 3].

Bei der Herstellung der Laborblätter im Rapid-Köthen-System wurde die Trocknungszeit auf 10 Minuten verlängert, sodass diese während der Versuche nicht immer wieder zwischen der Trocknung von Nutschenblättern und der Trocknung von Laborblättern verstellt werden musste. Zudem konnte durch diese Zeitverlängerung das Laborblatt als vollständig bis zur Massekonstanz getrocknet betrachtet werden, nachdem es aus dem Rapid-Köthen-Trockner entnommen wurde.

Weiterhin wurde beim ersten Deinking-Versuch festgestellt, dass bei der Absaugung des Wassers aus dem Blattbildner durch dessen grobes Sieb diverse sehr kleine Füllstoff- und Strichpartikel mit abgesaugt werden, anstatt dass sie auf dem gebildeten Papier verbleiben. Daher wurde bei den nachfolgenden Versuchen das erste erzeugte Laborblatt unter Zuhilfenahme eines Becherglases in der Feinwaage gewogen (siehe Bild 59). Das entsprechende Entnahmegewicht wurde anhand dieser Wägung so korrigiert, dass die geforderten 1,35 g erreicht werden. Bewegte sich das Laborblatt dabei außerhalb des laut [73, S. 4] erlaubten Bereiches von $1,35 \pm 0,05$ g, wurde auch das zweite hergestellte Laborblatt gewogen und nochmals korrigiert. Bei wenigen Versuchen mussten auch ein drittes und viertes Laborblatt hergestellt werden, um das richtige Entnahmegewicht zu treffen. Als wahrscheinliche Ursache werden Faserreste gesehen, die am Dichtring des Blattbildners und (nach Abschlagen des Laborblatts) auf dessen Sieb hängen geblieben sind. Durch eine Reinigung des Dichtrings mit einem Lappen und des Siebes unter fließendem Wasser vor Herstellen eines Laborblattes konnten übermäßige Korrekturen bei späteren Versuchen weitgehend vermieden werden.



Bild 59: Kontrollwägung eines hergestellten Laborblattes

f) Eindampfung der Memjet-Filtrate statt Nutzung von Retentionsmittel

Bei der Herstellung der Membranfilter der Memjet-Drucke war das Filtrat nach der Zellulosenitrat-Membran niemals farblos. Die Zugabe von Retentionsmittel bei der Herstellung des ersten Membranfilters hat zwar eine gefärbte Membran erzeugt, aber noch immer war das Filtrat nach dieser nicht farblos – aber die Herstellung des Membranfilters dauerte in diesem Fall etwa 15 Stunden, da das Retentionsmittel die Poren des Filterpapiers verstopft hat.

Damit aus zeitlicher Sicht noch die restlichen Deinking-Versuche durchgeführt werden konnte, wurde sich dagegen entschieden, noch höhere Mengen an Retentionsmittel zu verwenden. Stattdessen wurden die DP-Filtrate abgefüllt, in einem Glas auf wenige Milliliter eingedampft, und schließlich im weißen Deckel einer 100-g-Salbenkruke³⁷ vollständig eingedampft zu werden. Wird schließlich der Außenring abgeschnitten, kann die Farbe des Innenbereichs wie bei einem Membranfilter gemessen werden.

Das klassische Eindampfen per Heizplatte wurde aber als nicht geeignet betrachtet, denn bei dieser steigt die Wärme von unten nach oben. Die dabei entstehenden Strömungen beim Kochen reißen ggf. noch im Filtrat vorhandene Füllstoffpartikel mit, die sich dann gleichermaßen mit den Farbstoffen mischen – der entstehende Rückstand ist entsprechend heller als jener, der bei den Membranfiltern entsteht, wo die Füllstoffe direkt nach unten gezogen werden.

Entsprechend musste eine Methode entwickelt werden, die Filtrate von oben ausgehend einzudampfen, sodass sich auch hier die größtmögliche Menge an Farbstoffe an der Oberfläche des Rückstandes befindet. Erfolgreich war folgende Methodik, die mit Geräten durchgeführt wurde, welche wiederum am Fraunhofer IPA in Stuttgart zur Verfügung standen:

³⁷ Deren Deckel hat innen eine 1 mm hohe Abgrenzung zum außen liegenden Gewinde, die einen Bereich von etwa 48 mm umschließt. Der Innenbereich kann entsprechend mit einigen Millilitern konzentriertem Filtrat gefüllt werden.

- Ein Infrarotstrahler des Typs *Burda Smart2000* wurde an zwei Stativstangen befestigt und auf einen gefliesten Boden gestellt, da dieser sich kaum erwärmt. Unter den Strahler wurden nun gekennzeichnete 150-ml-Bechergläser gestellt, die 100 g eines jeweiligen Memjet-Filtrates enthielten³⁸.
- Wurde der IR-Strahler nun aktiviert, verdampften die Filtrate abhängig vom Abstand des Strahlers langsamer oder schneller und mit mehr oder weniger starken Kocheffekten. Ein Abstand von 15 cm (gemessen von der Unterkante des Strahlers zum Boden) verursachte zu starke Kocheffekte. Diese traten bei einem Abstand von 20 cm nicht mehr auf – dafür brauchten 100 g Filtrat dann auch etwa 2 Stunden, bis sie nahezu eingedampft waren. Die Filtrate wurden deswegen bei dem dazwischen liegenden Abstand von 17,5 cm eingedampft (siehe Bild 60), bis nur noch wenige Milliliter von ihnen übrig waren.



Bild 60: Eindampfen der gefärbten Filtrate mit dem IR-Strahler Burda Smart2000

- Nachdem eventuell an der Wand des Becherglases anhaftende Partikel manuell zurück ins konzentrierte Filtrat gebracht wurden, wurde dieses in entsprechend gekennzeichnete Krukendeckel gefüllt.
- Der mit Filtrat-Konzentrat befüllte Deckel wurde nun wieder unter den IR-Strahler gelegt und letzterer aktiviert. Je nach Inhaltsstoffen des Filtrates ist dieses in wenigen Minuten eingedampft – hierbei ist der Deckel aber kurz vor der vollständigen Trocknung zu entfernen, da sich dann Rückstände vom Polypropylen des Deckels lösen können. Zudem hält dieses Material das kochende Filtrat im Inneren (siehe Bild 61) nur wenige Minuten aus. Zur Sicherheit wurde der Deckel daher alle 3–5 Minuten vom Strahler entfernt, falls das Filtrat bis dahin nicht eingedampft war. Danach wurde gewartet, bis er wieder abgekühlt war, bevor mit der Eindampfung des Filtrates fortgefahren wurde.
- Da diese Methode für alle Memjet-Filtrate relativ viel Zeit in Anspruch nahm, konnte pro Filtrat nur eine Eindampfung hergestellt werden.



Bild 61: Im Deckel einer 100-g-Salbenkruke kochendes Filtrat

4.4.7 Messung der Deinkbarkeits-Parameter

a) Reflexions- & Farbwerte

Zur Messung der Reflexions- und Farbwerte der Nutschenblätter und Membranfilter stand in der INGEDE-Labor in Bietigheim-Bissingen das Messgerät *Elrepho 2000* von Datacolor zur Verfügung. Dieses Gerät verfügt über einer Sphäre, unter welcher das zu messende Sample liegt – dieses wird wiederum durch eine pneumatische Säule an die Sphäre gedrückt, sodass es bei der Messung nicht verrutschen kann (siehe Bild 62).

Bei einer Messung wird ein Lichtblitz erzeugt, der das zu messende Sample kurzzeitig beleuchtet. Dieses absorbiert gewisse Teile des Lichts und reflektiert andere. Die Reflexion wird schließlich innerhalb der Sphäre mehrfach weiter reflektiert, sodass der Sensor im Messgerät einen diffusen Farbreiz erhält. So kann die Farbe eines Samples unabhängig von dessen Glanz gemessen werden. Zwischen Blitzlampe und Sample kann ein Filter geschaltet werden, der die UV-Strahlung der Lampe bei Bedarf ausfiltert.



Bild 62: Das Elrepho 2000 der INGEDE mit einem eingelegten Nutschenblatt

³⁸ Wegen der Lagerdauer bis zum Eindampfen hatten sich schon in den Filtraten schon Agglomerate von Füllstoffen gebildet, die vor dem Eindampfen 10 Minuten lang mit einem *Silent Crusher* (17500 rpm, breitester Rührstab) re-dispergiert werden mussten. Bei den Filtraten von *maxiscript* und *DNS Color Print* war dies nicht möglich, sodass die Agglomerate vorm Eindampfen ausgefiltert wurden.

Dieser UV-Filter wurde bei den hier durchgeführten Messungen generell aktiviert, wie in der INGEDE-Methode 2 [77, S. 3] beschrieben. Hierdurch kann verhindert werden, dass eventuell im Papier vorhandene optische Aufheller das Deinking-Ergebnis verfälschen.

Als zugehörige Messsoftware stand das Programm *WinPaper Rev. 4606* des Ingenieurbüros Dietmar Siegert zur Verfügung. Hiermit kann das Messgerät kalibriert werden³⁹ und verschiedene Prüfprogramme, in denen unterschiedlicher Mess-Parameter definiert werden können, stehen ebenso zur Verfügung. Zum Zweck dieser Arbeit wurde das Prüfprogramm ›INGEDE‹ verwendet.

Eine Messung wird dann über einen Klick auf ›Stapel‹ durchgeführt, wonach die Werte Y , L^* , a^* , b^* je für die Lichtarten D65/10 und C/2, der Tappi-Weißgrad mit und ohne UV-Filter sowie das komplette Wellenlängenspektrum von 400–700 nm in 10-nm-Schritten angezeigt werden. Leider war es nicht möglich, diese Messwerte zu speichern, da in der Software der entsprechende Button ausgegraut war (vgl. Bild 63). Als Workaround wurde für jede Messung ein Screenshot per ›Druck‹-Taste erstellt, dieser in *Microsoft Paint* eingefügt und das Bild unter passendem Namen als png-Datei gespeichert.

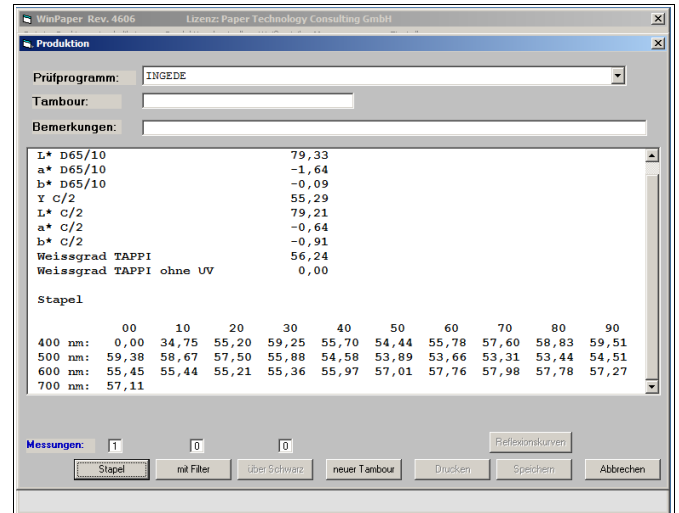


Bild 63: Programmfenster der Software *WinPaper Rev. 4606* mit dem Prüfprogramm ›INGEDE‹ inklusive Messwerten eines UP-Nutschenblatts

Die in *WinPaper* angezeigten Werte können per Klick auf ›neuer Tambour‹ gelöscht werden, damit eine neue Messung stattfinden kann. Es ist alternativ auch möglich, die zweite Messung für ein Sample nochmals per Klick auf ›Stapel‹ durchzuführen – in diesem Fall werden automatisch die Mittelwert aus den bisher gemessenen Werten berechnet und im Fenster angezeigt. Im Zuge dieser Arbeit wurde aber darauf verzichtet, da die Software nicht sonderlich stabil lief und nach einem Absturz der komplette Stapel hätte neu gemessen werden müssen.

Der ebenfalls in Bild 63 gezeigte Button ›Filter‹ dient dazu, in einem Fenster Messwerte mit und ohne UV-Einfluss darzustellen. Soll dies geschehen, ist zuerst der UV-Anteil des Blitzes beim *Elrepho 2000* manuell als zugelassen einzustellen und in *WinPaper* auf ›Stapel‹ zu klicken; danach muss der UV-Filter beim *Elrepho 2000* manuell aktiviert und hiernach auf ›Filter‹ geklickt werden. Da bei den hier durchgeführten Messungen aber nie mit UV-Licht gearbeitet wurde, brauchte diese etwas umständlichere Methodik nicht angewandt zu werden.

Sie zeigte aber auch, dass die *WinPaper*-Software nicht den Zustand der Hardware abfragt, sondern die Anzeige rein nach den geklickten Buttons einstellt: Denn auch wenn der UV-Filter im Messgerät aktiviert wurde, ist der Button ›Filter‹ ausgegraut, bis Messwerte im Fenster angezeigt werden – der erste Messwert für den Tappi-Weißgrad wird von der Software daher immer als ›mit UV gemessen‹ angesehen, egal, ob das wirklich der Fall ist. Erfolgen die Messungen ausschließlich mit UV-Filter (wie im Falle dieser Arbeit), ist der Tappi-Weißgrad ohne UV deswegen nie ›0,00‹, wie in Bild 63 zu sehen, sondern immer der darüber stehende Wert.

Bei den Messungen einer Farb-Papier-Kombination wurden zuerst die beiden Membranfilter gemessen. Im Falle der Memjet-Drucke wurden auch die entsprechenden Krukendeckel untersucht – wobei zuerst der Außenrand stehen gelassen wurde und nach Erhalt der Messwerte abgeschnitten wurde, um herauszufinden, wie viel Einfluss der Abstand zur Sphäre des *Elrepho 2000* hat. Als Referenz diente der einzige mit Retentionsmittel hergestellte Memjet-Membranfilter. Im Vergleich mit diesem waren die Messwerte mit noch vorhandenem Außenrand weit in Richtung Schwarz verschoben, während sie dem Membranfilter recht ähnlich waren, wenn nur der etwa 1 mm hohe Innenrand des Deckels übrig blieb. Details hierzu sind in den Memjet-Versuchen von Anhang D zu finden.

Bei den Messungen der Nutschenblätter wurde erst jenes Filterblatt abgezogen, das unbeschriftet war, und auf dieser Seite die Kennzeichnung des Samples auf dieses geschrieben. Dann wurde das beschriftete Filterblatt entfernt und jede Seite des freigelegten Nutschenblatts zweifach gemessen.

³⁹ Dies erfolgte nach einer Aufwärmzeit zu Beginn eines jeden Messtages mit einem mitgelieferten Schwarz- und Weißstandard, um eine hohe Qualität der Messergebnisse sicherzustellen.

b) Schmutzpunkte



Bild 64: Der Epson Perfection V750 PRO der INGEDE

Auch diese Messungen fanden im INGEDE-Labor in Bietigheim-Bissingen statt, wo hierzu ein Scanner des Typs *Epson Perfection V750 PRO* (siehe Bild 64) zur Verfügung stand.

Um die Schmutzpunkte eines Laborblatts zu bestimmen, wird dieses von Gautschkarton und Deckblatt befreit und am Rand mit kleiner Schrift entsprechend der jeweiligen Farb-Papier-Kombination beschriftet. Nachdem sichergestellt wurde, dass das Scannerglas frei von Schmutzpunkten ist, die

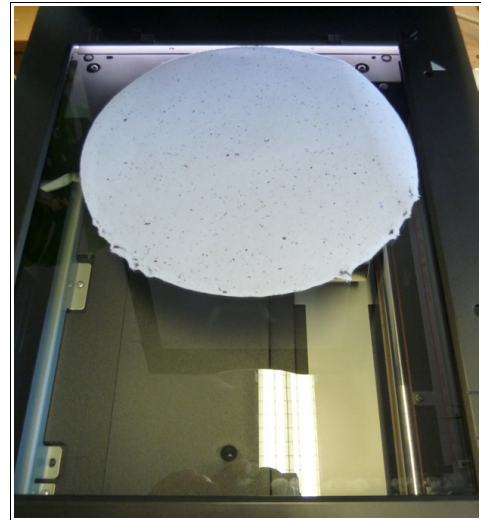


Bild 65: Epson Perfection V750 PRO mit eingelegtem Laborblatt

die Messung verfälschen würden (und, falls nicht, gesäubert wurde), wird das Laborblatt aufs Scannerglas gelegt (Bild 65) und mit einem Stapel unbedruckten weißen Papier bedeckt. So kann sichergestellt werden, dass das Laborblatt trotz eventueller Wölbungen plan auf dem Scannerglas liegt und beim Schließen des Scannerdeckels nicht verschoben oder gar geknickt wird.

Der Scanner wird nun mit Hilfe der Software *DOMAS 3.01* bedient, die von der Papiertechnischen Stiftung entwickelt wurde. Nach Starten der Software ist zuerst ein »Modul« auszuwählen, das vorgibt, welche Art von Parametern gemessen werden sollen, sowie ein »Set«, in dem Kriterien für die hierfür zu erfassenden Daten festgelegt sind. Für diese Arbeit wurden das Modul »Schmutzpunkte« und das Set »INGEDE2.pts« verwendet (siehe Bild 66), die beide schon vordefiniert waren.

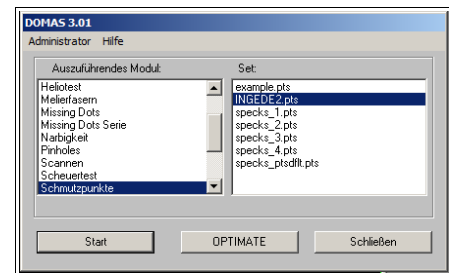


Bild 66: Startfenster von DOMAS 3.01

Ein Klick auf *Start* öffnet nun das Export-Fenster sowie *Microsoft Excel*, denn die Messergebnisse werden automatisch in letztgenanntes Programm übertragen. Mit Klick auf *Andere Datei* kann man Namen und Speicherort der entsprechenden Excel-Datei festlegen; ebenso können Zeilen und Spalten definiert werden, ab welchen die entsprechenden Messwerte eingetragen werden sollen. Man kann weiterhin eine »Probenbezeichnung« vergeben (in dieser Arbeit war das der Name der Farb-Papier-Kombination), die Schaltfläche »Nach jedem Export speichern aktivieren« (sinnvoll, damit die Excel-Tabelle nach einem Scan automatisch gespeichert wird), den »Export der Überschrift ausschalten« (nicht empfohlen, wenn ein Samples erstmals gemessen wird) und einen Leerscan durchführen (zum Aufwärmen des Scanners nötig). Bild 67 zeigt dieses Fenster.

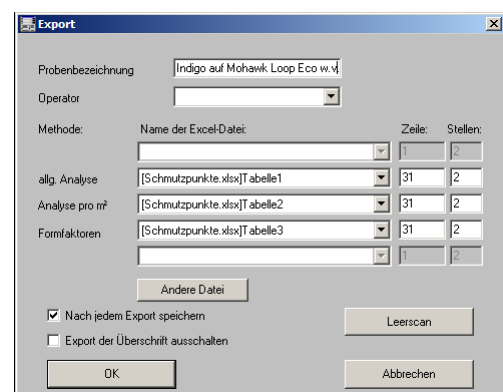


Bild 67: Export-Fenster von DOMAS 3.01 mit sinnvollen Scan-Einstellungen

Mit einem Klick auf *OK* wird nun der Scan gestartet und im Hintergrund das Fenster *OPTIMATE 6.51* geöffnet, mit welchem die Schmutzpunkte kalkuliert werden. Hiernach öffnet sich wieder das Startfenster von Bild 66, woraufhin theoretisch sofort eine neue Schmutzpunkt-Messung durchgeführt werden kann. Im Zuge dieser Arbeit wurde aber zuerst die Glaubwürdigkeit der Ergebnisse sichergestellt, indem im Startfenster auf *OPTIMATE* geklickt wurde. So konnte direkt auf das *OPTIMATE*-Fenster zugegriffen werden, wo die Position des grünen Kreises überprüft wurde, den die Software automatisch über das gescannte Bild gelegt hat. Da nur innerhalb des grünen Kreises Schmutzpunkte gemessen werden, wurde überprüft, dass sowohl die Beschriftung des Samples (welche die Schmutzpunktzahl erhöhen würde) als auch eventuelle Fransen am Rand des Laborblatts (welche diesen wegen Leerräumen senken würde) außerhalb lagen.

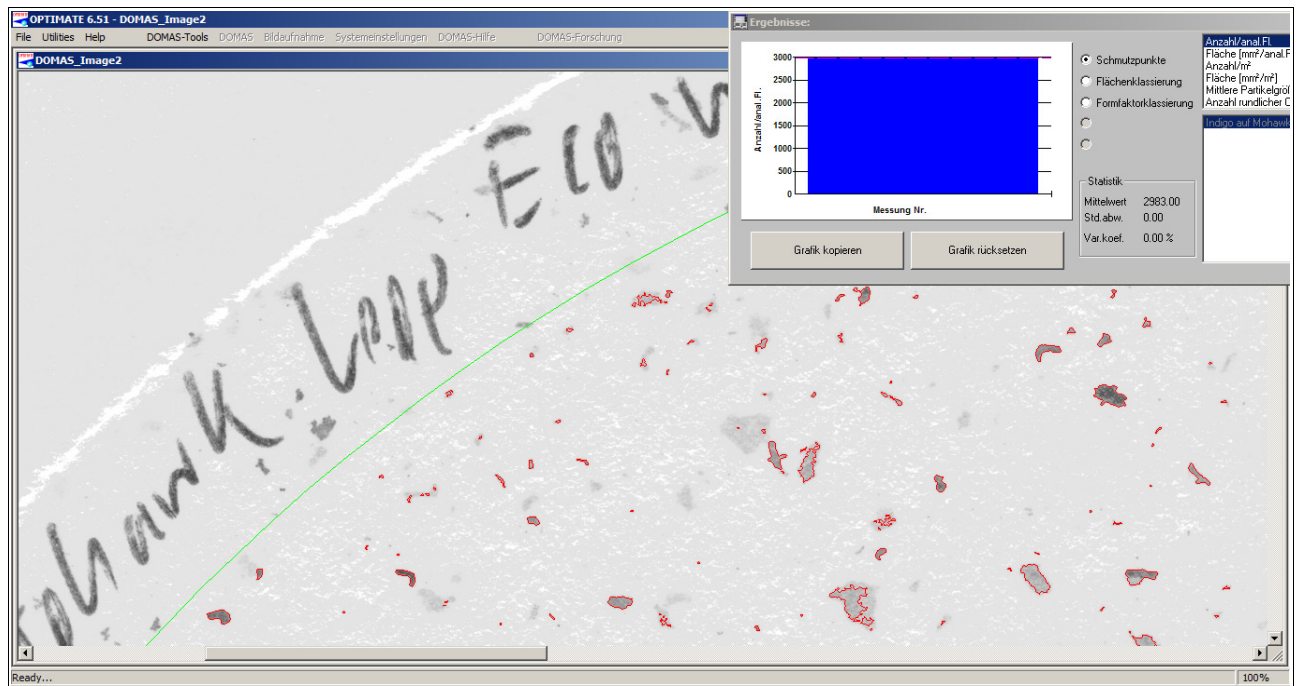


Bild 68: OPTIMATE-Fenster von DOMAS 3.01 zum Überprüfen eines Schmutzpunkt-Scans; in diesem Beispiel liegt der grüne Kreis, der den Messbereich definiert, an der richtigen Position (die Beschriftung des Samples liegt außerhalb)

Für eine neue Messung musste das Programm danach geschlossen und neu gestartet werden, da es sonst zu erheblichen Verzögerungen zwischen den einzelnen Messschritten kam.

Jedes Laborblatt wurde einmal auf der beschrifteten Seite und einmal auf der unbeschrifteten Seite gescannt.

4.4.8 Auswertung der Deinkbarkeits-Parameter

Zur Auswertung soll die in Kapitel 4.4.5 entwickelte Tabelle aus den verwendeten Papieren und Tinten herangezogen werden. Eine solche Tabelle wird für jeden zu berichtenden Parameter der ERPC Deinkability Scorecard erstellt – wobei die eingetragenen Ergebnisse die Mittelwerte aus den zugehörigen Messungen darstellen. Die Messwerte für jede einzelne Messung finden sich aus Platzgründen in Anhang D.

In jeder Tabelle werden zusätzlich zu den Messergebnissen auch die damit erreichten Punktzahlen mit angegeben und die einzelnen Zellen der Tabelle mit den Farben aus [80, S. 6] hinterlegt. Entsprechend sind alle negativen Punktwerte rot hinterlegt; die Anwendung der anderen Farben wurde so angepasst, dass alle Punktwerte bis einschließlich der Hälfte der erreichten Punktzahl orange gefärbt sind, alle Ergebnisse, die mehr als drei Viertel der möglichen Punkte erreicht haben, grün, und der Rest gelb.

In einer finalen Matrix werden die Punktwertungen schließlich zusammengefasst dargestellt, um eine Komplettübersicht über die Flotations-Deinkbarkeit nach der INGEDE Methode 11 zu erhalten. Auch hier wird die angepasste Farbeinteilung verwendet, sodass im Gegensatz zu [80, S. 6] die grüne Farbe erst bei mehr als 75 Punkten vergeben wurde.

Die einzelnen Versuchsdetails für eine bestimmte Farb-Papier-Kombination (z.B. die genaue Deinking-Chemie, die damit erzielten pH-Werte oder die Stoffdichten und Ausbeuten für die einzelnen Versuche) finden sich – wiederum aus Platzgründen – in Anhang D. Für alle nachfolgend gezeigten Tabellen gelten aber folgende Daten, sodass sie hier zusammengestellt angegeben werden:

- mp-100-Testform im Format A3 mit 90 % Gesamtfarbdeckung, einseitig gedruckt
- Wasserhärte: 17,3° dH [vgl. 185]
- Auffaserung: 20 min im Pulper *Hobart N 50* nach INGEDE-Methode 11 [vgl. 70, S. 6]
- Flotationszelle: Voith A
- Flotationsdauer: 10 min

a) Hellbezugswerte (Y)

Tabelle 3 zeigt die Hellbezugswerte (mit einer Kommastelle), die beim Flotations-Deinking erreicht wurden. Zur Berechnung des Deinkability Scores wird der niedrigere Schwellenwert von 47 verwendet, da die Testform über alle vier Farben einen Mittelwert von 198 besitzt – und damit knapp unter der Schwelle von 200 liegt, die für ein »Low Ink Coverage Product« festgelegt ist [vgl. 80, S. 4]. Zudem soll die Testform ein Magazin-Layout simulieren – und für Magazine gilt generell dieser niedrigere Schwellenwert [vgl. 80, S. 3]. Das Magazin-Kriterium wird auch für die Festlegung der Zielwerte in dieser Tabelle verwendet – wobei für diese Hellbezugswerte von 65 bei Naturpapieren und 75 bei gestrichenen Papieren gelten, um 35 Punkte zu erreichen [vgl. 80, S. 2–3].

Papiersorte			Naturpapiere					pigmentierte & gestrichene Papiere						
Anwendungsbereich / Papiertechnologie			nicht für dynamische Digitaldruck-Verfahren	Multifunktionspapiere			speziell für Inkjet	speziell für Toner i-Tone	Inxwell-Pigmentierung	nicht für dynamische Digitaldruck-Verfahren	speziell für Inkjet			speziell für Toner
				allgemein	ColorLok	ProDigi					quellbare Beschichtung		poröse Beschichtung	
											wasser-quellbar	lösemittel-quellbar		
Farbsorte	Druckmaschine	Papiername Druckfarbe	IGEPA maxiscript 120 g/m²	Portucel Navigator 120 g/m²	Mondi DNS Color Print 120 g/m²	April Asia PaperOne Digital 100 g/m²	Metsä Modo Jet Plus 100 g/m²	Mohawk Loop Eco white vellum 118 g/m²	UPM Finesse premium silk 115 g/m²	Keine Papiere ohne PE-Schicht erhältlich	Sihl UniSolv BillArt Paper wb 120 g/m²	Mitsubishi jetscript ML 1284 116 g/m²	UPM Digi Finesse premium silk 115 g/m²	
Wasserbasierte Farbstofftinte	Memjet C6030 MFP	Memjet Formula Ink C6000 Series	65,2 entspricht 35/35 Punkten	73,0 entspricht 35/35 Punkten	76,5 entspricht 35/35 Punkten	76,8 entspricht 35/35 Punkten	73,7 entspricht 35/35 Punkten	78,2 entspricht 35/35 Punkten	77,7 entspricht 35/35 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	80,0 entspricht 35/35 Punkten	73,1 entspricht 32/35 Punkten	
Wasserbasierte Pigmenttinte	HP OfficeJet Pro X476dw MFP	HP 970 & 971 (CN62xAE)	48,8 entspricht 3/35 Punkten	51,5 entspricht 8/35 Punkten	58,0 entspricht 21/35 Punkten	59,4 entspricht 24/35 Punkten	53,2 entspricht 12/35 Punkten	58,7 entspricht 14/35 Punkten	51,9 entspricht 6/35 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	63,4 entspricht 20/35 Punkten	48,6 entspricht 2/35 Punkten	
Lösemitteltinte	Mutoh ValueJet 1617H	Mutoh MP11 Multi-purpose Ink	57,1 entspricht 19/35 Punkten	68,4 entspricht 35/35 Punkten	67,2 entspricht 35/35 Punkten	70,8 entspricht 35/35 Punkten	63,7 entspricht 32/35 Punkten	73,5 entspricht 33/35 Punkten	75,7 entspricht 35/35 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	80,3 entspricht 35/35 Punkten	66,9 entspricht 24/35 Punkten	
Ölbasierte Pigmenttinte	Riso ComColor X1 3150	Riso X1 Ink (S-670xE)	53,2 entspricht 12/35 Punkten	61,6 entspricht 28/35 Punkten	55,2 entspricht 16/35 Punkten	58,1 entspricht 21/35 Punkten	63,4 entspricht 31/35 Punkten	75,0 entspricht 35/35 Punkten	77,5 entspricht 35/35 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	76,5 entspricht 35/35 Punkten	78,0 entspricht 35/35 Punkten	
UV-härtende Tinte	Mimaki JFX500-2131	Mimaki LUS-150 (LUS15-x-BA)	74,8 entspricht 35/35 Punkten	73,9 entspricht 35/35 Punkten	78,8 entspricht 35/35 Punkten	78,0 entspricht 35/35 Punkten	73,9 entspricht 35/35 Punkten	78,7 entspricht 35/35 Punkten	88,8 entspricht 35/35 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	79,0 entspricht 35/35 Punkten	88,2 entspricht 35/35 Punkten	
Wachstinte	Xerox ColorQube 9303	Xerox Solid Ink (108R008xx)	74,0 entspricht 35/35 Punkten	80,4 entspricht 35/35 Punkten	82,7 entspricht 35/35 Punkten	82,8 entspricht 35/35 Punkten	81,6 entspricht 35/35 Punkten	82,6 entspricht 35/35 Punkten	78,4 entspricht 35/35 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	87,9 entspricht 35/35 Punkten	78,8 entspricht 35/35 Punkten	
Trockentoner	Xerox Versant Press 2100	Xerox EA Toner (006R163x)	84,6 entspricht 35/35 Punkten	84,9 entspricht 35/35 Punkten	84,7 entspricht 35/35 Punkten	88,6 entspricht 35/35 Punkten	88,0 entspricht 35/35 Punkten	90,6 entspricht 35/35 Punkten	89,0 entspricht 35/35 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	89,5 entspricht 35/35 Punkten	87,7 entspricht 35/35 Punkten	
Flüssigtoner	HP Indigo 5000	HP ElectroInk 4.0 (Q401xB)	84,8 entspricht 35/35 Punkten	85,6 entspricht 35/35 Punkten	86,6 entspricht 35/35 Punkten	89,7 entspricht 35/35 Punkten	88,9 entspricht 35/35 Punkten	88,6 entspricht 35/35 Punkten	89,6 entspricht 35/35 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	84,2 entspricht 35/35 Punkten	87,6 entspricht 35/35 Punkten	

Tabelle 3: Hellbezugswerte der verschiedenen Farb-Papier-Kombinationen nach deren Deinking sowie der erreichte Deinkability Score bei einem Wertebereich der Hellbezugswerte von 47–65 bei Naturpapieren und 47–75 für pigmentierte & gestrichene Papiere

Dieses Kriterium haben als einziges alle Farb-Papier-Kombinationen bestanden – aber auch vor allem aus dem Grund, dass jene Wertebereiche verwendet werden konnten, die für Magazine gelten. Der höhere Schwellenwert von 67, der für »Low Ink Coverage Products« mit hoher Helligkeit des Basispapiers gilt [vgl. 80, S. 3], hätte für viele Kombinationen mit Inkjet-Tinten zum Nichtbestehen geführt – selbst für einige, die bei dem hier verwendeten Schwellenwert mit voller Punktzahl bestanden haben. Immerhin liegt der Zielwert für ungestrichene Magazine noch 2 Punkte unter dem Hellbezugswert von 67 – ein Grund, aus welchem die Punkteverteilung bei Gegebenheit einmal überdacht werden sollte.

Aber auch mit dem niedrigeren Schwellenwert sind einige etwas problematische Druckfarben feststellbar. So erreicht die wasserbasierte Pigmenttinte des *HP OfficeJet Pro X476dw MFP* nur auf *DNS Color Print*, *PaperOne Digital* und *jetscript ML* eine Punktzahl von über 20 Punkten – ansonsten befindet sie sich mit unter 15 Punkten am unteren Rand des Tolerierbaren. Auch die erzielten Hellbezugswerte haben nur auf den genannten Papieren sowie dem *Loop Eco* den Wert 58 oder größer.

Besser schneidet die ölbasierte Pigmenttinte des *Riso ComColor XI 3150* ab – hier ist der erreichte Hellbezugswert nur auf *maxiscript* und *DNS Color Print* kleiner als 58 – entsprechend erzielen alle anderen Papiere über 20 Punkte.

Das *IGEPA maxiscript* kommt ansonsten auch mit Lösemitteltinte des *Mutoh ValueJet 1617H* schlecht zurecht – auch hier erzielt es weniger als 20 Punkte. Da dieses Papier nicht für den Digitaldruck hergestellt wird, ist eine solch eher schlechte Performance zu erwarten gewesen. Zu bedenken ist dabei aber, dass das ebenfalls für klassische Druckverfahren gedachte *UPM Finesse premium silk* insgesamt weniger Schwierigkeiten mit den verschiedenen Tinten hat.

b) Grün- & Rotstichigkeit (a*)

In Tabelle 4 sind die a*-Werte des CIEL*a*b*-Farbraums für alle Kombinationen enthalten (auf zwei Kommastellen gerundet). Ist dieser Wert negativ, geht die Farbe des deinkten Nutschenblatts ins Grüne, ist er positiv, geht er dagegen ins Rote [vgl. 81, S. 13].

Die äußersten Schwellen liegen hier bei -3,0 und +2,0; die vollen 20 Punkte werden vergeben, wenn sich der Wert in einem Bereich von -2,0 und +1,0 bewegt [vgl. 80, S. 2–3].

Papiersorte			Naturpapiere					pigmentierte & gestrichene Papiere						
Anwendungsbereich / Papiertechnologie			nicht für dynamische Digitaldruck-Verfahren	Multifunktionspapiere			speziell für Inkjet	speziell für Toner	Inxwell-Pigmentierung	nicht für dynamische Digitaldruck-Verfahren	speziell für Inkjet			speziell für Toner
				allgemein	ColorLok	ProDigi					quellbare Beschichtung		poröse Beschichtung	
											wasser-quellbar	lösemittel-quellbar		
Farbsorte	Druckmaschine	Papiername Druckfarbe	IGEPA maxiscript 120 g/m²	Portucel Navigator 120 g/m²	Mondi DNS Color Print 120 g/m²	April Asia PaperOne Digital 100 g/m²	Metsä Modo Jet Plus 100 g/m²	Mohawk Loop Eco white vellum 118 g/m²	UPM Finesse premium silk 115 g/m²	Keine Papiere ohne PE-Schicht erhältlich	Siht UniSolv BillArt Paper wb 120 g/m²	Mitsubishi jetscript ML 1284 116 g/m²	UPM Digi Finesse premium silk 115 g/m²	
Wasserbasierte Farbstofftinte	Memjet C6030 MFP	Memjet Formula Ink C6000 Seriess	3,28 entspricht -20/20 Punkten	0,24 entspricht 20/20 Punkten	1,48 entspricht 10/20 Punkten	0,83 entspricht 20/20 Punkten	2,34 entspricht -7/20 Punkten	1,17 entspricht 16/20 Punkten	-0,10 entspricht 20/20 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	0,33 entspricht 20/20 Punkten	2,07 entspricht -2/20 Punkten	
Wasserbasierte Pigmenttinte	HP OfficeJet Pro X476dw MFP	HP 970 & 971 (CN62xAE)	-1,34 entspricht 20/20 Punkten	-0,12 entspricht 20/20 Punkten	-0,91 entspricht 20/20 Punkten	-1,08 entspricht 20/20 Punkten	-1,07 entspricht 20/20 Punkten	-1,06 entspricht 20/20 Punkten	-1,00 entspricht 20/20 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	-1,29 entspricht 20/20 Punkten	-1,41 entspricht 20/20 Punkten	
Lösemitteltinte	Mutoh ValueJet 1617H	Mutoh MP11 Multi-purpose Ink	-0,63 entspricht 20/20 Punkten	-0,89 entspricht 20/20 Punkten	-0,11 entspricht 20/20 Punkten	-0,67 entspricht 20/20 Punkten	-1,23 entspricht 20/20 Punkten	-1,80 entspricht 20/20 Punkten	-0,85 entspricht 20/20 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	-0,36 entspricht 20/20 Punkten	-1,09 entspricht 20/20 Punkten	
Ölbasierte Pigmenttinte	Riso ComColor X1 3150	Riso X1 Ink (S-670xE)	-3,23 entspricht -5/20 Punkten	-1,67 entspricht 20/20 Punkten	-1,46 entspricht 20/20 Punkten	-1,42 entspricht 20/20 Punkten	-3,05 entspricht -1/20 Punkten	-1,99 entspricht 20/20 Punkten	-1,09 entspricht 20/20 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	-1,51 entspricht 20/20 Punkten	-0,90 entspricht 20/20 Punkten	
UV-härtende Tinte	Mimaki JFX500-2131	Mimaki LUS-150 (LUS15-x-BA)	0,69 entspricht 20/20 Punkten	0,15 entspricht 20/20 Punkten	0,21 entspricht 20/20 Punkten	-0,53 entspricht 20/20 Punkten	-0,16 entspricht 20/20 Punkten	-0,70 entspricht 20/20 Punkten	-0,03 entspricht 20/20 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	-0,15 entspricht 20/20 Punkten	0,01 entspricht 20/20 Punkten	
Wachstinte	Xerox ColorQube 9303	Xerox Solid Ink (108R008xx)	1,38 entspricht 12/20 Punkten	1,09 entspricht 18/20 Punkten	1,01 entspricht 19/20 Punkten	-0,15 entspricht 20/20 Punkten	0,25 entspricht 20/20 Punkten	-0,21 entspricht 20/20 Punkten	1,72 entspricht 5/20 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	-0,16 entspricht 20/20 Punkten	1,59 entspricht 8/20 Punkten	
Trockentoner	Xerox Versant Press 2100	Xerox EA Toner (006R163x)	1,01 entspricht 19/20 Punkten	0,91 entspricht 20/20 Punkten	1,20 entspricht 16/20 Punkten	-1,35 entspricht 20/20 Punkten	-0,55 entspricht 20/20 Punkten	-1,08 entspricht 20/20 Punkten	-0,18 entspricht 20/20 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	-0,54 entspricht 20/20 Punkten	-0,18 entspricht 20/20 Punkten	
Flüssigtoner	HP Indigo 5000	HP ElectroInk 4.0 (Q401xB)	1,13 entspricht 17/20 Punkten	0,99 entspricht 20/20 Punkten	1,05 entspricht 19/20 Punkten	-1,33 entspricht 20/20 Punkten	-0,62 entspricht 20/20 Punkten	-0,96 entspricht 20/20 Punkten	-0,10 entspricht 20/20 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	-0,36 entspricht 20/20 Punkten	-0,06 entspricht 20/20 Punkten	

Tabelle 4: a*-Werte für Grüntöne (negativ) und Rottöne (positiv) der verschiedenen Farb-Papier-Kombinationen nach deren Deinking sowie der erreichte Deinkability Score

Fast alle Farb-Papier-Kombinationen erfüllen dieses Kriterium ohne Probleme, aber es gibt Ausnahmen:

Die wasserbasierte Farbstofftinte von Memjet färbt nicht nur das *maxiscript* sichtbar rötlich, sondern überraschenderweise auch die speziellen Digitaldruck-Papiere *Modo Jet Plus* und *Digi Finesse*. Das normale *Finesse* und das normale *Navigator* haben hingegen beim Deinking kaum einen Farbstich erhalten. Das *DNS Color Print* hat einen geringen Rotstich erhalten, der aber noch akzeptabel ist.

Eine weitere inakzeptable Färbung geschah unerwarteter Weise mit der ölbasierten *XI Ink* von Riso – zumindest auf dem *maxiscript* von der IGEPA und dem *Modo Jet Plus* von Metsä. In beiden Fällen ist ein etwas zu starker Grünstich zu verzeichnen. Auch die restlichen Papiere haben mit dieser Tinte einen Grünstich erhalten, der aber nie so stark war, dass davon die Maximalpunktzahl beeinträchtigt wurde.

Ansonsten geschah auch mit dem *Xerox ColorQube* eine leichte Färbung der Papiere (wenn auch immer im Rahmen). Dies ist besonders bei den UPM-Papieren zu vermerken, weniger beim *maxiscript*.

c) Flächenanteile der Schmutzpunkte >50 µm (A₅₀)

Tabelle 5 zeigt, wie viel Flächenanteile der deinkten Nutschenblätter von Schmutzpunkten insgesamt eingenommen werden. Die Werte sind auf ganze Zahlen gerundet. Dieser Wert beinhaltet alle sichtbaren Schmutzpunkte – auch die größeren, die aber im nächsten Bewertungsschritt nochmals separat evaluiert werden.

Entsprechend sind die Toleranzen vergleichsweise großzügig ausgelegt. So sind maximal 2000 mm²/m² erlaubt, der Zielwert zum Erreichen von 15 Punkten ist 600 mm²/m² [vgl. 80, S. 2–3].

Papiersorte			Naturpapiere					pigmentierte & gestrichene Papiere						
Anwendungsbereich / Papiertechnologie			nicht für dynamische Digitaldruck-Verfahren	Multifunktionspapiere			speziell für Inkjet	speziell für Toner	Inxwell-Pigmentierung	nicht für dynamische Digitaldruck-Verfahren	speziell für Inkjet			speziell für Toner
				allgemein	ColorLok	ProDigi					quellbare Beschichtung		poröse Beschichtung	
											wasser-quellbar	lösemittel-quellbar		
Farbsorte	Druckmaschine	Papiername Druckfarbe	IGEPA maxiscript 120 g/m²	Portucel Navigator 120 g/m²	Mondi DNS Color Print 120 g/m²	April Asia PaperOne Digital 100 g/m²	Metsä Modo Jet Plus 100 g/m²	Mohawk Loop Eco white vellum 118 g/m²	UPM Finesse premium silk 115 g/m²	Keine Papiere ohne PE-Schicht erhältlich	Sihl UniSolv BillArt Paper wb 120 g/m²	Mitsubishi jetscript ML 1284 116 g/m²	UPM Digi Finesse premium silk 115 g/m²	
Wasserbasierte Farbstofftinte	Memjet C6030 MFP	Memjet Formula Ink C6000 Series	18 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	48 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	13 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	34 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	15 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	17 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	16 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	17 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	9 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	
Wasserbasierte Pigmenttinte	HP OfficeJet Pro X476dw MFP	HP 970 & 971 (CN62xAE)	4 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	7 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	37 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	27 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	14 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	27 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	15 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	14 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	36 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	
Lösemitteltinte	Mutoh ValueJet 1617H	Mutoh MP11 Multi-purpose Ink	27 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	40 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	102 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	46 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	17 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	100 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	11 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	7 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	306 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	
Ölbasierte Pigmenttinte	Riso ComColor X1 3150	Riso X1 Ink (S-670xE)	71 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	449 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	99 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	175 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	32 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	120 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	22 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	21 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	121 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	
UV-härtende Tinte	Mimaki JFX500-2131	Mimaki LUS-150 (LUS15-x-BA)	42237 mm²/m² entspricht -15/15 Punkten	80804 mm²/m² entspricht -15/15 Punkten	50644 mm²/m² entspricht -15/15 Punkten	61550 mm²/m² entspricht -15/15 Punkten	74651 mm²/m² entspricht -15/15 Punkten	47270 mm²/m² entspricht -15/15 Punkten	1401 mm²/m² entspricht 6/15 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	43081 mm²/m² entspricht -15/15 Punkten	1612 mm²/m² entspricht 4/15 Punkten	
Wachstinte	Xerox ColorQube 9303	Xerox Solid Ink (108R008xx)	1026 mm²/m² entspricht 10/15 Punkten	441 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	380 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	466 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	516 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	339 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	966 mm²/m² entspricht 11/15 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	395 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	702 mm²/m² entspricht 13/15 Punkten	
Trockentoner	Xerox Versant Press 2100	Xerox EA Toner (006R163x)	123 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	68 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	49 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	91 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	51 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	34 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	235 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	78 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	79 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	
Flüssigtoner	HP Indigo 5000	HP ElectroInk 4.0 (Q401xB)	232 mm²/m² entspricht 15/15 Punkten	626 mm²/m² entspricht 14/15 Punkten	4551 mm²/m² entspricht -15/15 Punkten	1283 mm²/m² entspricht 7/15 Punkten	16957 mm²/m² entspricht -15/15 Punkten	16014 mm²/m² entspricht -15/15 Punkten	4086 mm²/m² entspricht -15/15 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	30300 mm²/m² entspricht -15/15 Punkten	5360 mm²/m² entspricht -15/15 Punkten	

Tabelle 5: Flächenanteile, die von Schmutzpunkten >50 µm auf den deinkten Nutschenblättern eingenommen werden, sowie der erreichte Deinkability Score.

Von den meisten Farb-Papier-Kombinationen ist dieses Kriterium ohne Probleme erfüllbar. Ausnahmen betreffen Mimakis UV-härtende Tinte *LUS-150* und die *ElectroInk 4.0*, die in der *HP Indigo 5000* verdruckt wurde.

Dennoch existieren auch bei diesen beiden Druckfarben einige Papiere, mit denen der Gesamtflächenanteil an Schmutzpunkten noch in akzeptablem Maße gehalten wird. Dies betrifft für die *Mimaki JFX500-2131* die beiden UPM-Papiere sowie für die *HP Indigo 5000* das *Paper One Digital*. Auf *maxiscript* und *Navigator* erreicht die *ElectroInk 4.0* sogar überaus gute Schmutzpunktwerte.

d) Flächenanteile der Schmutzpunkte >250 µm (A₂₅₀)

Tabelle 6 zeigt, wie viel Flächenanteile der deinkten Nutschenblätter von den deutlich sichtbaren Schmutzpunkten eingenommen wird. Auch hier sind die Werte wieder auf ganze Zahlen gerundet angegeben.

Diese großen Schmutzpunkte dürfen maximal 600 mm²/m² einnehmen; um 10 Punkte zu erlangen, sind 180 mm²/m² oder weniger nötig [vgl. 80, S. 2–3]. Der Grund für diese verschärften Werte ist die stärkere Auffälligkeit der großen Schmutzpunkte und ein entsprechend starker Störfaktor, sollten solche in einem recycelten Papier auftauchen.

Papiersorte			Naturpapiere					pigmentierte & gestrichene Papiere						
Anwendungsbereich / Papiertechnologie			nicht für dynamische Digitaldruck-Verfahren	Multifunktionspapiere			speziell für Inkjet	speziell für Toner i-Tone	Inxwell-Pigmentierung	nicht für dynamische Digitaldruck-Verfahren	speziell für Inkjet			speziell für Toner
				allgemein	ColorLok	ProDigi					quellbare Beschichtung		poröse Beschichtung	
											wasser-quellbar	lösemittel-quellbar		
Papiername			IGEPA maxiscript	Portucel Navigator	Mondi DNS Color Print	April Asia PaperOne Digital	Metsä Modo Jet Plus	Mohawk Loop Eco white vellum	UPM Finesse premium silk	Keine Papiere ohne PE-Schicht erhältlich	Sihl UniSolv BillArt Paper wb 120 g/m²	Mitsubishi jetscript ML 1284	UPM Digi Finesse premium silk	
Farbsorte	Druckmaschine	Druckfarbe	120 g/m²	120 g/m²	120 g/m²	100 g/m²	100 g/m²	118 g/m²	115 g/m²					
Wasserbasierte Farbstofftinte	Memjet C6030 MFP	Memjet Formula Ink C6000 Series	11 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	30 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	10 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	29 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	15 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	10 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	11 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	14 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	4 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	
Wasserbasierte Pigmenttinte	HP OfficeJet Pro X476dw MFP	HP 970 & 971 (CN62xAE)	1 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	3 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	14 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	7 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	8 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	10 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	8 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	5 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	22 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	
Lösemitteltinte	Mutoh ValueJet 1617H	Mutoh MP11 Multi-purpose Ink	19 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	29 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	62 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	20 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	11 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	62 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	5 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	2 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	86 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	
Ölbasierte Pigmenttinte	Riso ComColor X1 3150	Riso X1 Ink (S-670xE)	18 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	329 mm²/m² entspricht 6/10 Punkten	50 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	92 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	26 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	81 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	15 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	15 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	40 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	
UV-härtende Tinte	Mimaki JFX500-2131	Mimaki LUS-150 (LUS15-x-BA)	40949 mm²/m² entspricht -10/10 Punkten	79057 mm²/m² entspricht -10/10 Punkten	49381 mm²/m² entspricht -10/10 Punkten	59958 mm²/m² entspricht -10/10 Punkten	72302 mm²/m² entspricht -10/10 Punkten	44658 mm²/m² entspricht -10/10 Punkten	1321 mm²/m² entspricht -10/10 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	41268 mm²/m² entspricht -10/10 Punkten	1545 mm²/m² entspricht -10/10 Punkten	
Wachstinte	Xerox ColorQube 9303	Xerox Solid Ink (108R008xx)	693 mm²/m² entspricht -3/10 Punkten	283 mm²/m² entspricht 7/10 Punkten	232 mm²/m² entspricht 8/10 Punkten	271 mm²/m² entspricht 7/10 Punkten	227 mm²/m² entspricht 9/10 Punkten	138 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	746 mm²/m² entspricht -4/10 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	84 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	392 mm²/m² entspricht 5/10 Punkten	
Trockentoner	Xerox Versant Press 2100	Xerox EA Toner (006R163x)	37 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	18 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	14 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	14 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	17 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	5 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	46 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	7 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	8 mm²/m² entspricht 10/10 Punkten	
Flüssigtoner	HP Indigo 5000	HP ElectroInk 4.0 (Q401xB)	214 mm²/m² entspricht 9/10 Punkten	594 mm²/m² entspricht 0/10 Punkten	4332 mm²/m² entspricht -10/10 Punkten	1223 mm²/m² entspricht -10/10 Punkten	16191 mm²/m² entspricht -10/10 Punkten	14967 mm²/m² entspricht -10/10 Punkten	3763 mm²/m² entspricht -10/10 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	29197 mm²/m² entspricht -10/10 Punkten	4261 mm²/m² entspricht -10/10 Punkten	

Tabelle 6: Flächenanteile, die von großen Schmutzpunkten >250 µm auf den deinkten Nutschenblättern eingenommen werden, sowie der erreichte Deinkability Score.

Auffällig ist hier zuerst, dass nicht unbedingt die HPs *ElectroInk 4.0* die kritischste Druckfarbe ist, sondern die UV-härtende Tinte *LUS-150* von Mimaki – denn letztere besteht im Gegensatz zur *Indigo* auf keinem Papier. Dieser Sachverhalt ist besonders deswegen hervorzuheben, da sich UV-härtende Tinten (wie zuvor bereits geschildert) wahrscheinlich am stärksten verbreiten werden.

Allerdings soll an dieser Stelle auch noch auf die beiden UPM-Papiere hingewiesen werden: Selbst wenn sie in Kombination mit der *LUS-150* nicht bestanden haben, ist der Flächenanteil der großen Schmutzpunkte auf beiden Papieren relativ gering – auf dem nächstschmutzigeren Papier, den *IGEPA maxiscript*, nehmen die Schmutzpunkte bereits über 26 Mal so viel Fläche ein wie beim *UPM Digi Finesse premium silk*. Und auf diesem müsste die Zahl der Schmutzpunkte nur etwas mehr als halbiert werden, damit es den Test bestehen würde. In einer realen Fabrik mit mehrfacher Flotation und zwischengeschalteten Dispergern sollten also auf den beiden UPM-Papieren die durch UV-Tinte entstehenden großen Schmutzpunkte in einem akzeptablen Maß gehalten werden können. Zudem sollte daran geforscht werden, warum zwischen den UPM-Papieren und dem Rest dermaßen große Unterschiede bei der Schmutzpunkt-Fläche bestehen.

Die Schmutzpunkte der HP *ElectroInk 4.0* sind hingegen etwas unkritischer – selbst das schlechteste Ergebnis auf Mitsubishis *jetscript ML* besitzt eine von Schmutzpunkten eingenommene Fläche, die »nur« knapp doppelt so groß ist wie die des UPMs *Digi Finesse* in Kombination mit der *LUS-150*. Zudem existieren auch zwei Papiere, auf denen die Zahl an großen *Indigo*-Schmutzpunkten akzeptabel ist: Das *Portucel Navigator*, das aber nur knapp bestanden hat, sowie das *IGEPA maxiscript*, das sogar fast die volle Punktzahl erreichte. Hier wäre es sinnvoll, an der Ursache hierfür zu forschen, sodass zusätzliche Papiere hergestellt werden können, auf denen eine HP *Indigo* keine Schmutzpunkt-Probleme verursacht.

Geringere Probleme tauchen mit der Wachstinte von Xerox auf. Diese fällt auf den beiden nicht für den Digitaldruck hergestellten Papieren (*maxiscript* und *Finesse*) durch. Wahrscheinlich kann sie auf diesen beiden Papieren beim Pulpen nicht genügend zerkleinert werden. Ansonsten erzielt sie aber gute bis sehr gute Ergebnisse.

Alle anderen Farb-Papier-Kombinationen erreichen hier die volle Punktzahl – mit Ausnahme der *Riso XI Ink* auf dem *Portucel Navigator*, wo sich eine höhere (aber noch unproblematische) Anzahl großer Schmutzpunkte gebildet hat.

e) Ink Elimination (IE₇₀₀)

In Tabelle 7 ist zu sehen, wie viel Druckfarbe beim Flotations-Deinking entfernt werden konnte – die Prozentwerte sind auf eine Kommastelle gerundet. Es wurde hierbei mit der in INGEDE-Methode 2 beschriebenen Vereinfachung gerechnet, die ohne Reflexionsmessungen des unbedruckten Samples auskommt [vgl. 77, S. 6].

Während der untere Grenzwert von 40 % überall konstant ist, gelten für Magazine (wie bei den Hellbezugswerten) auch hier zwei verschiedene Zielwerte, ab denen 10 Punkte vergeben werden: 70 % für die ungestrichenen Sorten und 75 % für die gestrichenen Sorten [vgl. 80, S. 2–3]. Wie zuvor bei den Hellbezugswerten werden auch hier beide Zielwerte verwendet, um die Punkte den Papiersorten nach zu berechnen.

Papiersorte			Naturpapiere					pigmentierte & gestrichene Papiere						
Anwendungsbereich / Papiertechnologie			nicht für dynamische Digitaldruck-Verfahren	Multifunktionspapiere			speziell für Inkjet	speziell für Toner i-Tone	Inxwell-Pigmentierung	nicht für dynamische Digitaldruck-Verfahren	speziell für Inkjet			speziell für Toner
				allgemein	ColorLok	ProDigi					quellbare Beschichtung		poröse Beschichtung	
											wasser-quellbar	lösemittel-quellbar		
Papiername			IGEPA maxiscript	Portucel Navigator	Mondi DNS Color Print	April Asia PaperOne Digital	Metsä Modo Jet Plus	Mohawk Loop Eco white vellum	UPM Finesse premium silk	Keine Papiere ohne PE-Schicht erhältlich	Siht UniSolv BillArt Paper wb	Mitsubishi jetscript ML 1284	UPM Digi Finesse premium silk	
Farbsorte	Druckmaschine	Druckfarbe	120 g/m²	120 g/m²	120 g/m²	100 g/m²	100 g/m²	118 g/m²	115 g/m²					
Wasserbasierte Farbstofftinte	Memjet C6030 MFP	Memjet Formula Ink C6000 Series	-137,4% entspricht -10/10 Punkten	-2,6% entspricht -10/10 Punkten	17,4% entspricht -8/10 Punkten	8,8% entspricht -10/10 Punkten	5,2% entspricht -10/10 Punkten	53,2% entspricht 3/10 Punkten	85,1% entspricht 10/10 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	74,1% entspricht 9/10 Punkten	0,4% entspricht -10/10 Punkten	
Wasserbasierte Pigmenttinte	HP OfficeJet Pro X476dw MFP	HP 970 & 971 (CN62xAE)	35,9% entspricht -2/10 Punkten	19,0% entspricht -7/10 Punkten	34,7% entspricht -2/10 Punkten	34,4% entspricht -2/10 Punkten	11,3% entspricht -10/10 Punkten	32,7% entspricht -3/10 Punkten	16,2% entspricht -7/10 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	56,7% entspricht 4/10 Punkten	2,9% entspricht -10/10 Punkten	
Lösemitteltinte	Mutoh ValueJet 1617H	Mutoh MP11 Multi-purpose Ink	18,9% entspricht -8/10 Punkten	60,0% entspricht 6/10 Punkten	49,8% entspricht 3/10 Punkten	56,7% entspricht 5/10 Punkten	39,0% entspricht -1/10 Punkten	61,4% entspricht 6/10 Punkten	62,1% entspricht 6/10 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	78,1% entspricht 10/10 Punkten	50,8% entspricht 3/10 Punkten	
Ölbasierte Pigmenttinte	Riso ComColor X1 3150	Riso X1 Ink (S-670xE)	33,9% entspricht -2/10 Punkten	64,8% entspricht 8/10 Punkten	45,0% entspricht 1/10 Punkten	47,6% entspricht 2/10 Punkten	38,4% entspricht -1/10 Punkten	66,3% entspricht 7/10 Punkten	57,5% entspricht 5/10 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	80,8% entspricht 10/10 Punkten	61,9% entspricht 6/10 Punkten	
UV-härtende Tinte	Mimaki JFX500-2131	Mimaki LUS-150 (LUS15-x-BA)	40,0% entspricht 0/10 Punkten	19,0% entspricht -7/10 Punkten	-37,0% entspricht -10/10 Punkten	36,7% entspricht -2/10 Punkten	25,2% entspricht -5/10 Punkten	-6,1% entspricht -10/10 Punkten	85,6% entspricht 10/10 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	52,4% entspricht 3/10 Punkten	95,0% entspricht 10/10 Punkten	
Wachstinte	Xerox ColorQube 9303	Xerox Solid Ink (108R008xx)	90,3% entspricht 10/10 Punkten	83,3% entspricht 10/10 Punkten	86,6% entspricht 10/10 Punkten	86,3% entspricht 10/10 Punkten	87,3% entspricht 10/10 Punkten	84,8% entspricht 10/10 Punkten	89,8% entspricht 10/10 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	90,2% entspricht 10/10 Punkten	89,6% entspricht 10/10 Punkten	
Trockentoner	Xerox Versant Press 2100	Xerox EA Toner (006R163x)	92,2% entspricht 10/10 Punkten	85,1% entspricht 10/10 Punkten	84,3% entspricht 10/10 Punkten	87,3% entspricht 10/10 Punkten	89,5% entspricht 10/10 Punkten	90,3% entspricht 10/10 Punkten	89,1% entspricht 10/10 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	90,9% entspricht 10/10 Punkten	87,9% entspricht 10/10 Punkten	
Flüssigtoner	HP Indigo 5000	HP ElectroInk 4.0 (Q401xB)	82,4% entspricht 10/10 Punkten	65,8% entspricht 8/10 Punkten	67,1% entspricht 9/10 Punkten	72,4% entspricht 10/10 Punkten	66,0% entspricht 8/10 Punkten	40,5% entspricht 0/10 Punkten	-58,0% entspricht -10/10 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	20,9% entspricht -6/10 Punkten	77,4% entspricht 10/10 Punkten	

Tabelle 7: Ink Elimination bei der Flotation der diversen Farb-Papier-Kombinationen sowie der erreichte Deinkability Score bei einem Bereich der Ink Elimination von 40–70% bei Naturpapieren und 40–75% für pigmentierte & gestrichene Papiere

Sehr auffällig sind zuerst die negativen Werte bei den Kombinationen *Memjet + maxiscript*, *Memjet + Navigator*, *LUS-150 + DNS Color Print*, *LUS-150 + Loop Eco* sowie *Indigo + Finesse* – immerhin ist es nicht möglich, dass beim Deinking mehr Farbe in den Pulp hinzu kommt, als bereits im undeinkten Pulp vorhanden war.

Dieses Problem scheint daher zu stammen, dass die Ink Elimination mit Hilfe von Reflexionswerten berechnet wird, die ausschließlich bei einer Wellenlänge von 700 nm gemessen werden, aber die Entfernung der eigentlich sichtbaren Farben nicht in die Berechnung einfließt wird. Ein Vergleich mit den $L^*a^*b^*$ -Farbwerten dieser Kombinationen in Anhang D zeigt, dass sich die entsprechenden Samples beim Deinking schon etwas in Richtung Weiß bewegen. Allerdings würde es den Rahmen dieser Arbeit sprengen, noch eine Methodik der Farbentfernung auf Basis der $L^*a^*b^*$ -Werte zu entwickeln – denn auch alle anderen Farb-Papier-Kombinationen müssten dann neu nach dieser evaluiert werden. Für die betroffenen Samples wird aus Mangel an Alternativen die schlechtestmögliche Punktzahl von -10 Punkten vergeben.

Ansonsten sind es vor allem die diversen Inkjet-Tinten, die nicht in genügendem Maße entfernt werden können. Besonders kritisch ist hier die wasserbasierte Pigmenttinte *HP 970 / 971*, die nur auf dem *jetscript ML* ein noch akzeptables Ergebnis erreicht. Auf allen anderen Papieren kann sie nur in geringem Maße entfernt werden, obwohl *maxiscript*, *DNS Color Print*, *PaperOne Digital* und *Loop Eco* mit über 30% Ink Elimination hierbei weniger schlecht funktionieren als der Rest.

Im Gegensatz dazu erzielt die ölbasierte Pigmenttinte des *Riso ComColor XI 3150* – wohl wegen ihrer chemischen Ähnlichkeit zu einer Offsetfarbe – auf fast allen Papieren brauchbare Ergebnisse. Nur beim *maxiscript* (das nicht für den Digitaldruck hergestellt wurde) und (überraschenderweise) dem *Modo Jet Plus* fällt diese Tinte durch – und das auch nur knapp.

Ein ähnliches Ergebnis erzielt die Lösemitteltinte des *ValueJet 1617H* – sie besteht auf den gleichen Papieren wie die Riso-Tinte, allerdings mit anderer Streuung: Auf *maxiscript*, *Navigator*, *Mohawk Loop* und dem *Digi Finesse* sind die Ergebnisse klar schlechter, auf dem *DNS Color Print*, dem *PaperOne Digital* und dem normalen *Finesse* hingegen eindeutig besser.

Memjets Farbstofftinte auf Wasserbasis fällt hingegen auf fast jedem Papier durch. Ausnahmen sind *Mohawks Loop Eco*, UPMs klassisches *Finesse* und Mitsubishis *jetscript ML*. Es kann dennoch nicht gesagt werden, dass sich eine Papierbeschichtung positiv bei dieser Tinte auswirkt – immerhin hat die Kombination aus *Memjet* und *UPM Digi Finesse* nicht bestanden.

Ähnliches ist von Mimakis flexibler UV-Tinte zu sagen, die zwar auf beiden UPM-Papieren die volle Punktzahl erreichte, aber auf *jetscript ML* und *maxiscript* nur knapp bestand. Auf Mohawks Inxwell-Papier fiel sie hingegen durch.

Unproblematisch sind dagegen jene Farben, die zu einem Großteil aus nicht wasserlöslichem Wachs bestehen – was wenig überraschend ist, immerhin ist die Deinking-Chemie auf hydrophobe Druckfarben ausgelegt. So erzielen die *Solid Ink* des *Xerox ColorQube* und der *EA Toner* der *Xerox Versant Press 2100* überall die volle Punktzahl. Für die *ElektroInk 4.0* der *HP Indigo 5000* gilt dies nur mit Abstrichen – so besteht die *Indigo*-Inxwell-Kombination nur knapp, während die *Indigo*-Farbe auf dem porös beschichtetem *jetscript ML* und dem klassisch gestrichenen *Finesse* nicht zur Genüge entfernbar ist.

f) Filtratverdunklungen (ΔY)

Tabelle 8 zeigt (auf eine Kommastelle gerundet), wie viel Druckfarbe sich im Kreislaufwasser angesammelt hat. Dies wird hier vereinfacht als Differenz zwischen den Hellbezugswerten der jeweiligen Membranfilter und 100 (für reines Weiß) berechnet wurde wird. Diese Differenz darf nicht größer als 18 sein, aber um alle 10 Punkte zu erreichen, muss sie 6 oder weniger betragen. [vgl. 80, S. 2–3]

Da bei den Memjet-Drucken war das Filtrat nach Herstellen der Membranfilter generell gefärbt war (selbst wenn Retentionsmittel verwendet wurde), stammen die zugehörigen Messwerte in jener Zeile von den Filtrat-Eindampfungen, die in weißen Deckeln einer 100-g-Salbenkruke durchgeführt wurden. Der Außenrand des Deckels wurde hierbei abgeschnitten, da Messungen mit ihm die Ergebnisse zu stark verfälschten. Details hierzu (wie auch die Messwerte der ohne Retentionsmittel hergestellten Membranfilter) sind in Anhang D zu finden.

Papiersorte			Naturpapiere					pigmentierte & gestrichene Papiere						
Anwendungsbereich / Papiertechnologie			nicht für dynamische Digitaldruck-Verfahren	Multifunktionspapiere			speziell für Inkjet	speziell für Toner i-Tone	Inxwell-Pigmentierung	nicht für dynamische Digitaldruck-Verfahren	speziell für Inkjet			speziell für Toner
				allgemein	ColorLok	ProDigi					quellbare Beschichtung		poröse Beschichtung	
											wasser-quellbar	lösemittel-quellbar		
Farbsorte	Druckmaschine	Druckfarbe	IGEPA maxiscript 120 g/m²	Portucel Navigator 120 g/m²	Mondi DNS Color Print 120 g/m²	April Asia PaperOne Digital 100 g/m²	Metsä Modo Jet Plus 100 g/m²	Mohawk Loop Eco white vellum 118 g/m²	UPM Finesse premium silk 115 g/m²	Keine Papiere ohne PE-Schicht erhältlich	Sihl UniSolv BillArt Paper wb 120 g/m²	Mitsubishi jetscript ML 1284 116 g/m²	UPM Digi Finesse premium silk 115 g/m²	
Wasserbasierte Farbstofftinte	Memjet C6030 MFP	Memjet Formula Ink C6000 Series	46,6 entspricht -10/10 Punkten	51,3 entspricht -10/10 Punkten	58,5 entspricht -10/10 Punkten	60,4 entspricht -10/10 Punkten	79,1 entspricht -10/10 Punkten	58,2 entspricht -10/10 Punkten	73,5 entspricht -10/10 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	22,9 entspricht -5/10 Punkten	61,6 entspricht -10/10 Punkten	
Wasserbasierte Pigmenttinte	HP OfficeJet Pro X476dw MFP	HP 970 & 971 (CN62xAE)	46,0 entspricht -10/10 Punkten	19,1 entspricht -1/10 Punkten	12,7 entspricht 4/10 Punkten	16,8 entspricht 1/10 Punkten	60,8 entspricht -10/10 Punkten	7,7 entspricht 8/10 Punkten	34,3 entspricht -10/10 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	4,0 entspricht 10/10 Punkten	13,5 entspricht 3/10 Punkten	
Lösemitteltinte	Mutoh ValueJet 1617H	Mutoh MP11 Multi-purpose Ink	50,7 entspricht -10/10 Punkten	15,4 entspricht 2/10 Punkten	11,5 entspricht 5/10 Punkten	16,5 entspricht 1/10 Punkten	51,4 entspricht -10/10 Punkten	6,8 entspricht 9/10 Punkten	16,8 entspricht 1/10 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	3,5 entspricht 10/10 Punkten	14,5 entspricht 2/10 Punkten	
Ölbasierte Pigmenttinte	Riso ComColor X1 3150	Riso X1 Ink (S-670xE)	35,1 entspricht -10/10 Punkten	5,4 entspricht 10/10 Punkten	5,2 entspricht 10/10 Punkten	5,9 entspricht 10/10 Punkten	34,5 entspricht -10/10 Punkten	5,2 entspricht 10/10 Punkten	9,9 entspricht 6/10 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	3,9 entspricht 10/10 Punkten	7,0 entspricht 9/10 Punkten	
UV-härtende Tinte	Mimaki JFX500-2131	Mimaki LUS-150 (LUS15-x-B4)	10,4 entspricht 6/10 Punkten	5,4 entspricht 10/10 Punkten	4,6 entspricht 10/10 Punkten	4,4 entspricht 10/10 Punkten	23,4 entspricht -5/10 Punkten	2,8 entspricht 10/10 Punkten	4,2 entspricht 10/10 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	3,0 entspricht 10/10 Punkten	3,3 entspricht 10/10 Punkten	
Wachstinte	Xerox ColorQube 9303	Xerox Solid Ink (108R008xx)	14,8 entspricht 2/10 Punkten	4,3 entspricht 10/10 Punkten	4,2 entspricht 10/10 Punkten	4,5 entspricht 10/10 Punkten	10,3 entspricht 6/10 Punkten	3,9 entspricht 10/10 Punkten	16,0 entspricht 1/10 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	3,3 entspricht 10/10 Punkten	5,5 entspricht 10/10 Punkten	
Trockentoner	Xerox Versant Press 2100	Xerox EA Toner (006R163x)	3,5 entspricht 10/10 Punkten	3,6 entspricht 10/10 Punkten	3,1 entspricht 10/10 Punkten	2,8 entspricht 10/10 Punkten	5,4 entspricht 10/10 Punkten	2,2 entspricht 10/10 Punkten	2,8 entspricht 10/10 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	2,3 entspricht 10/10 Punkten	2,4 entspricht 10/10 Punkten	
Flüssigtoner	HP Indigo 5000	HP ElectroInk 4.0 (Q401xB)	3,2 entspricht 10/10 Punkten	3,5 entspricht 10/10 Punkten	3,2 entspricht 10/10 Punkten	2,9 entspricht 10/10 Punkten	4,1 entspricht 10/10 Punkten	2,3 entspricht 10/10 Punkten	2,9 entspricht 10/10 Punkten	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	2,6 entspricht 10/10 Punkten	2,7 entspricht 10/10 Punkten	

Tabelle 8: Filtratverdunklungen beim Deinking der verschiedenen Farb-Papier-Kombinationen sowie der erreichte Deinkability Score

Wenig überraschend ist hier, dass die *Memjet*-Tinte generell Ergebnisse außerhalb des Toleranzbereichs erzeugt – immerhin sind die verwendeten Farbstoffe per definitionem wasserlöslich und bleiben entsprechend im Kreislaufwasser zurück. Lediglich das *jetscript ML* schafft ein weniger schlechtes Ergebnis, das aber dennoch in keinsten Weise ausreicht.

Die wasserbasierte Pigmenttinte des *OfficeJet Pro X* zeigt hingegen gut den Einfluss des Papiers auf das Ergebnis: Bei den Naturpapieren bestehen nur die beiden Papiere mit den speziellen Technologien ColorLok bzw. ProDigi; das normale *Navigator*-Büropapier kann dagegen nicht gut genug verhindern, dass die Pigmente ins Kreislaufwasser dispergieren. Überraschend ist das Ergebnis des *Modo Jet Plus*, das nochmals schlechter ist als jene der nicht für den Digitaldruck hergestellten Papiere *maxiscript* und *Finesse*. Das *Digi Finesse* reagiert aber gut genug mit der HP-Tinte, sodass diese Kombination den Test noch besteht. Wie erwartet unproblematisch ist die Verwendung dieser Tinte mit dem porös beschichteten *jetscript ML*, aber auch das Inxwell-Papier liefert hier gute Ergebnisse.

Generell besser verhält sich die ölbasierte Pigmenttinte *Riso XI* – eine übermäßige Filtratverdunklung tritt mit dieser nur in Kombination mit dem *maxiscript* und (überraschender Weise) dem *Modo Jet Plus* auf.

Dazwischen bewegt sich die Mutohs *M11*-Lösemitteltinte. Sie besteht auf die gleichen Papieren wie die *Riso XI*, aber mit generell schlechteren Ergebnissen. Im Vergleich zur *Memjet C6000*, wo ebenfalls Farbstoffe eingesetzt werden, ist dies aber eine bedeutsame Verbesserung.

Die restlichen Farben verursachen, da sie final als miteinander verbundene Feststoffpartikel vorliegen, in der Regel keine Filtratverdunklung. Ausnahme ist die Kombination von Mimakis *LUS-150* mit Metsäs *Modo Jet Plus*, die unerwarteter Weise durchfällt. Andere schwierige (aber tolerable) Kombinationen sind *LUS-150* mit *maxiscript*, sowie die Festtinte des *ColorQube 9303* in Kombinationen mit *maxiscript* und *Finesse*, bei denen beim Deinking wahrscheinlich Farbstoff aus dem Wachs gelöst wird. Auch das *Modo Jet Plus* erreicht nicht ganz optimale Ergebnisse mit der Festtinte.

h) Gesamtpunktzahlen

Tabelle 9 zeigt nun die Gesamtpunktzahlen für jede Farb-Papier-Kombination. Bei negativen Werten sind zusätzlich jene Kriterien mit angegeben, wegen denen die Deinkbarkeitsprüfung nicht bestanden wurde.

Papiersorte			Naturpapiere					pigmentierte & gestrichene Papiere						
Anwendungsbereich / Papiertechnologie			nicht für dynamische Digitaldruck-Verfahren	Multifunktionspapiere			speziell für Inkjet	speziell für Toner	Inxwell-Pigmentierung	nicht für dynamische Digitaldruck-Verfahren	speziell für Inkjet			speziell für Toner
				allgemein	ColorLok	ProDigi					quellbare Beschichtung		poröse Beschichtung	
											wasser-quellbar	lösemittel-quellbar		
Papiername			IGEPA maxiscript	Portucel Navigator	Mondi DNS Color Print	April Asia PaperOne Digital	Metsä Modo Jet Plus	Mohawk Loop Eco white vellum	UPM Finesse premium silk	Keine Papiere ohne PE-Schicht erhältlich	Sihl UniSolv BillArt Paper wb	Mitsubishi jetscript ML	UPM Digi Finesse premium silk	
Farbsorte	Druckmaschine	Druckfarbe	120 g/m ²	120 g/m ²	120 g/m ²	100 g/m ²	100 g/m ²	118 g/m ²	115 g/m ²					
Wasserbasierte Farbstofftinte	Memjet C6030 MFP	Memjet Formula Ink C6000 Series	Gesamtpunkte: -40 / 100 Nichtbestehen bei a*, IE ₇₀₀ & ΔY	Gesamtpunkte: -20 / 100 Nichtbestehen bei IE ₇₀₀ & ΔY	Gesamtpunkte: -18 / 100 Nichtbestehen bei IE ₇₀₀ & ΔY	Gesamtpunkte: -20 / 100 Nichtbestehen bei IE ₇₀₀ & ΔY	Gesamtpunkte: -27 / 100 Nichtbestehen bei a*, IE ₇₀₀ & ΔY	Gesamtpunkte: -10 / 100 Nichtbestehen bei ΔY	Gesamtpunkte: -10 / 100 Nichtbestehen bei ΔY	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	Gesamtpunkte: -5 / 100 Nichtbestehen bei ΔY	Gesamtpunkte: -22 / 100 Nichtbestehen bei a*, IE ₇₀₀ & ΔY	
Wasserbasierte Pigmenttinte	HP OfficeJet Pro X476dw MFP	HP 970 & 971 (CN62xAE)	Gesamtpunkte: -12 / 100 Nichtbestehen bei IE ₇₀₀ & ΔY	Gesamtpunkte: -8 / 100 Nichtbestehen bei IE ₇₀₀ & ΔY	Gesamtpunkte: -2 / 100 Nichtbestehen bei IE ₇₀₀	Gesamtpunkte: -2 / 100 Nichtbestehen bei IE ₇₀₀	Gesamtpunkte: -20 / 100 Nichtbestehen bei IE ₇₀₀ & ΔY	Gesamtpunkte: -3 / 100 Nichtbestehen bei IE ₇₀₀	Gesamtpunkte: -17 / 100 Nichtbestehen bei IE ₇₀₀ & ΔY	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	Gesamtpunkte: 79 / 100	Gesamtpunkte: -10 / 100 Nichtbestehen bei IE ₇₀₀	
Lösemitteltinte	Mutoh ValueJet 1617H	Mutoh MP11 Multi-purpose Ink	Gesamtpunkte: -18 / 100 Nichtbestehen bei IE ₇₀₀ & ΔY	Gesamtpunkte: 88 / 100	Gesamtpunkte: 88 / 100	Gesamtpunkte: 86 / 100	Gesamtpunkte: -11 / 100 Nichtbestehen bei IE ₇₀₀ & ΔY	Gesamtpunkte: 93 / 100	Gesamtpunkte: 87 / 100	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	Gesamtpunkte: 100 / 100	Gesamtpunkte: 74 / 100	
Ölbasierte Pigmenttinte	Riso ComColor X1 3150	Riso X1 Ink (S-670xE)	Gesamtpunkte: -17 / 100 Nichtbestehen bei a*, IE ₇₀₀ & ΔY	Gesamtpunkte: 87 / 100	Gesamtpunkte: 72 / 100	Gesamtpunkte: 78 / 100	Gesamtpunkte: -12 / 100 Nichtbestehen bei a*, IE ₇₀₀ & ΔY	Gesamtpunkte: 97 / 100	Gesamtpunkte: 91 / 100	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	Gesamtpunkte: 100 / 100	Gesamtpunkte: 95 / 100	
UV-härtende Tinte	Mimaki JFX500-2131	Mimaki LUS-150 (LUS15-x-BA)	Gesamtpunkte: -25 / 100 Nichtbestehen bei A ₅₀ & A ₂₅₀	Gesamtpunkte: -32 / 100 Nichtbestehen bei A ₅₀ , A ₂₅₀ & IE ₇₀₀	Gesamtpunkte: -35 / 100 Nichtbestehen bei A ₅₀ , A ₂₅₀ & IE ₇₀₀	Gesamtpunkte: -27 / 100 Nichtbestehen bei A ₅₀ , A ₂₅₀ & IE ₇₀₀	Gesamtpunkte: -35 / 100 Nichtbestehen bei A ₅₀ , A ₂₅₀ , IE ₇₀₀ & ΔY	Gesamtpunkte: -35 / 100 Nichtbestehen bei A ₅₀ , A ₂₅₀ & IE ₇₀₀	Gesamtpunkte: -10 / 100 Nichtbestehen bei A ₂₅₀	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	Gesamtpunkte: -25 / 100 Nichtbestehen bei A ₅₀ & A ₂₅₀	Gesamtpunkte: -10 / 100 Nichtbestehen bei A ₂₅₀	
Wachstinte	Xerox ColorQube 9303	Xerox Solid Ink (108R008xx)	Gesamtpunkte: -3 / 100 Nichtbestehen bei A ₂₅₀	Gesamtpunkte: 95 / 100	Gesamtpunkte: 97 / 100	Gesamtpunkte: 97 / 100	Gesamtpunkte: 95 / 100	Gesamtpunkte: 100 / 100	Gesamtpunkte: -4 / 100 Nichtbestehen bei A ₂₅₀	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	Gesamtpunkte: 100 / 100	Gesamtpunkte: 81 / 100	
Trockentoner	Xerox Versant Press 2100	Xerox EA Toner (006R163x)	Gesamtpunkte: 99 / 100	Gesamtpunkte: 100 / 100	Gesamtpunkte: 96 / 100	Gesamtpunkte: 100 / 100	Gesamtpunkte: 100 / 100	Gesamtpunkte: 100 / 100	Gesamtpunkte: 100 / 100	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	Gesamtpunkte: 100 / 100	Gesamtpunkte: 100 / 100	
Flüssigtoner	HP Indigo 5000	HP ElectroInk 4.0 (Q401xB)	Gesamtpunkte: 96 / 100	Gesamtpunkte: 87 / 100	Gesamtpunkte: -25 / 100 Nichtbestehen bei A ₅₀ & A ₂₅₀	Gesamtpunkte: -10 / 100 Nichtbestehen bei A ₂₅₀	Gesamtpunkte: -25 / 100 Nichtbestehen bei A ₅₀ & A ₂₅₀	Gesamtpunkte: -25 / 100 Nichtbestehen bei A ₅₀ & A ₂₅₀	Gesamtpunkte: -35 / 100 Nichtbestehen bei A ₅₀ , A ₂₅₀ & IE ₇₀₀	nicht untersuchbar	Papier nicht auffaserbar	Gesamtpunkte: -31 / 100 Nichtbestehen bei A ₅₀ , A ₂₅₀ & IE ₇₀₀	Gesamtpunkte: -25 / 100 Nichtbestehen bei A ₅₀ & A ₂₅₀	

Tabelle 9: Gesamtpunktzahlen für die verschiedenen Farb-Papier-Kombinationen

Zuerst ist hier auffällig, dass eine Farb-Papier-Kombination entweder mehr als 70 Punkte erzielt hat oder direkt in den negativen Bereich gelangte. Ursache für dieses dualistische Ergebnis ist die Festlegung, dass bei der Berechnung des Deinkability Scores alle positiven Teilpunktzahlen ignoriert werden, sobald bei einem Kriterium eine negative Punktzahl auftaucht [vgl. 80, S. 5]. Daher sollten bei einstelligen negativen Punktzahlen die entsprechende Drucksachen in der Realität noch handelbar sein, z.B. durch Einsatz eines Dispergers und einer zweiten Flotation, falls zu vielen Schmutzpunkte vorhanden sind, durch Variation von Luftblasen-Größe und Flotationsdauer bei zu geringer Ink Elimination. Nur die Filtratverdunkelung ist generell kritisch zu sehen, da sich die Farbe im Kreislaufwasser ansammeln würde, wenn mehrere Drucksachen der gleichen Farb-Papier-Kombination zu recyceln wären. Die wäre nur bei regelmäßiger Reinigung des Kreislaufwassers unproblematisch.

Die ERPC Scorecard gibt auf [80, S. 6] zudem den Hinweis, dass die Ink Elimination – sollte sie der einzige Parameter sein, wegen dem der Deinkbarkeitstest scheitert – durch Druck mit einer höheren Flächendeckung und einer nachfolgenden Wiederholung der Deinking-Versuche gesteigert werden kann. Ein solcher Fall ist bei der wasserbasierten Pigmenttinte des *HP OfficeJet Pro X476dw* in Kombination mit dem *DNS Color Print*, dem *PaperOne Digital*, dem *Loop Eco white vellum* sowie dem *Digi Finesse premium silk* gegeben. Eine Erhöhung der Tintenmenge wäre einfach möglich, indem diese Papiere beidseitig bedruckt werden. Zwar war es aus zeitlichen Gründen nicht möglich, diese zusätzlichen Versuche durchzuführen, aber dies kann ggf. in einem anderen Forschungsprojekt nachgeholt werden. Im gleichen Zuge wäre es interessant zu sehen, wie sich die Ergebnisse ändern, wenn alle dargestellten Farb-Papier-Kombinationen beidseitig bedruckt werden würden.⁴⁰

Doch auch mit den einseitig bedruckten Farb-Papier-Kombinationen lassen sich Schlüsse ziehen: Zuerst jener, dass nicht der Flüssigtoner die kritischste Druckfarbe ist, sondern die UV-Tinte und die wasserbasierte Farbstofftinte – denn nur bei diesen beiden Tinten gab es kein Papier, mit dem diese deinkbar geworden wären.

Was Memjets *Formula Ink C6000* angeht, ist die Filtratverdunkelung das größte Problem. Beim *Loop Eco*, dem *Finesse* und dem *jetscript ML* ist diese aber das einzige Ausschlusskriterium, sodass davon ausgegangen werden kann, dass bei diesen Papieren das Waschdeinking der Druckfarbe erfolgreich sein sollte – oder die Deinkbarkeit durch Reinigung des Kreislaufwassers sichergestellt werden kann. Generell erfolglos sollte die Entfernung der Tinte sein, wenn diese auf *maxiscript*, *Modo Jet Plus* oder *Digi Finesse* gedruckt wird – diese Papiere werden beim Deinking durch die Farbstoffe in der Memjet-Tinte schlicht gefärbt.

Dieses Problem tritt bei der ebenfalls Farbstoffe enthaltenden *MII Multipurpose Ink* von Mutoh nicht auf. Nur beim *maxiscript* und dem *Modo Jet Plus* sammelt sie sich im Kreislaufwasser, ansonsten kann sie per Flotation deinkt werden. Auf dem *jetscript ML* erreicht sie dabei sogar die volle Punktzahl.

Ein analoges Ergebnis tritt bei der *Riso XI Ink* auf, obwohl sie sich chemisch (als Pigment-in-Öl-Dispersion) stark von der Lösemitteltinte unterscheidet.

Die Pigment-in-Wasser-Dispersion *HP 970 / 971* sammelt sich hingegen auch bei Verwendung der Papiere *Navigator* und *Finesse* im Kreislaufwasser. Ansonsten reicht, wie schon erwähnt, die Ink Elimination nicht aus – mit Ausnahme des *jetscript ML*, auf dem diese Tinte relativ problemlos deinkbar ist.

Bei Mimakis *LUS-150* ist das Problem hingegen, dass sie im ausgehärteten Zustand einer Kunststoffolie entspricht, die mit dem Hobart-Pulper nicht genügend zerkleinert werden kann. Daher wird übermäßig viel Fläche von Farbresten eingenommen – wobei die UPM-Papiere weniger kritisch sind. Allerdings weist [34, S. 81] darauf hin, dass durchaus deinkbare Kombinationen von UV-härtender Farbe und Papieren existieren. Gründe für diese Unterschiede sind noch herauszufinden.

Die *ElectroInk 4.0* von HP verhält sich ähnlich, allerdings gibt es zwei Papiere, mit denen diese Farbe genug zerkleinert und danach per Flotation entfernt werden kann: Das *maxiscript* von IGEPA und das *Navigator* von Portucel.

Die *Solid Ink* von Xerox hingegen verursacht nur auf *maxiscript* und *Finesse* etwas zu viele große Schmutzpunkte; ansonsten ist sie unproblematisch.

Gänzlich problemlos verhält sich schließlich der *EA Toner* der Xerox *Versant Press 2100*: Er lässt sich als einzige Druckfarbe auf allen Papieren sehr gut entfernen.

⁴⁰ Hierzu müsste allerdings Mitsubishis *jetscript ML 1284* durch das beidseitig beschichtete *jetscript DL 1284* ersetzt werden.

5 Zusammenfassung und Empfehlungen für weitere Forschung

In dieser Arbeit wurden zuerst der Begriff Nachhaltigkeit, der Papierkreislauf, den eine gedruckte Publikation durchläuft, sowie die für einen Print-on-Demand-Prozess brauchbaren Drucktechnologien erläutert.

Nachhaltigkeit bedeutet hierbei zu allererst, dass Ressourcen für spätere Generationen sichergestellt werden, damit diese eine gute Lebensqualität haben können – wobei nicht nur die Zeit in Betracht gezogen werden muss, die benötigt wird, bis sich erneuerbare Ressourcen wieder regeneriert haben, sondern auch ein Regelkreis beachtet werden muss, der aus den Systemen Soziologie / Gesellschaft, Ökonomie / Wirtschaft und Ökologie / Ressourcen, welche jeweils aufeinander abgestimmt werden müssen.

Der Papierkreislauf selbst besteht ebenfalls aus mehreren Systemen: Zuerst aus dem Verlag (der eine gedruckte Publikation erst erstellt), der Druckerei (die diese im Auftrag des Verlages herstellt) und dem Nutzer (der dieser verwendet). Weiterhin sind die Hersteller von Papieren und Druckfarben involviert (ohne deren Produkte eine Druckerei die Publikationen nicht herstellten) könnte und schließlich die Altpapier-Sammlung sowie der Forstbetrieb, welche die Papierfabrik mit entsprechenden Ressourcen versorgen. Die Wechselwirkungen sind dabei vor allem, dass der Verlag oder die Druckerei die Entscheidung für jene Materialien trifft, mit denen schließlich eine Recycling-Papier herstellende Fabrik zurecht kommen muss. Außerdem trifft der Verlag die Entscheidung, ob seine Publikation überhaupt gedruckt zum Nutzer kommen soll oder doch eine elektronische Variante reicht – diese Entscheidung bestimmt im Endeffekt die Existenz des Papierkreislaufs, welcher aber zusätzlich noch einer regelmäßigen Zufuhr an Frischfasern bedarf.

Aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten kann dabei weder der gedruckten Publikation noch der elektronischen Publikation der Vorzug gegeben werden, denn diese hängt vom Verhalten des Lesers ab: Wegen des hohen Energiebedarfs zur Herstellung eines elektronischen Lesegerätes ist dieses nur dann nachhaltiger, wenn auf ihm eine entsprechend hohe Menge an Publikationen gelesen werden. Mit den in dieser Arbeit getroffenen Annahmen sind es 43–66 Bücher, die auf einem eReader gelesen werden müssten, bis der energetische Aufwand gleich ist mit jenem, der für die Herstellung der gedruckten Versionen aufgebracht werden müsste. Zudem werden beide Versionen nachhaltiger, je seltener sie neu gekauft werden. Momentan hat das gedruckte Buch hier den Vorteil, dass es auch aufbewahrt werden kann (z.B. in einer Bibliothek), um Jahrzehnte später wieder gelesen zu werden, während dies bei den elektronischen Publikationen nicht sichergestellt ist, wenn diese ein geschlossenes Format verwenden.

Ein Verlag, der nachhaltig publizieren will, muss seine Werke also sowohl in gedruckter Form als auch in elektronischer Form anbieten. Hierzu nötig sind Content-Management-Systeme (die auf dem Markt zur Genüge vorhanden sind), ein Print-on-Demand-Prozess in Kooperation mit der Druckerei (ohne den nicht die nötigen Kleinauflagen oder Einzeldrucke hergestellt werden können), die entsprechenden dynamischen Digitaldruck-Maschinen (von denen sich besonders Tonerdrucker und Inkjets für Publikationen anbieten) und schließlich die flexible Weiterverarbeitung (um die Publikation vollenden zu können) – zu letzterem Punkt sind die ersten passenden Maschinen verfügbar, aber die Entwicklung ist noch in vollem Gange. Ein zusätzlicher Bonus für die Nachhaltigkeit von Drucksachen wäre das dezentrale Drucken, um die nötigen Transportwege zu minimieren – aber hierzu müsste die vorher genannten Punkte alle verfügbar sein.

Schließlich muss ein Verlag und eine Druckerei noch sicherstellen, dass die von ihnen in Auftrag gegebenen bzw. hergestellten gedruckten Publikationen dem Papierkreislauf nicht schaden, indem sichergestellt wird, dass sie nach deren Entsorgung wieder aufbereitet und zu neuen Drucksachen verarbeitet werden können. Der wichtigste Schritt hierbei ist das Deinken – und wie diese Arbeit gezeigt hat, müssen bei den dynamischen Digitaldruck-Verfahren, die in einem Print-on-Demand-Prozess zwangsläufig anzuwenden sind, sowohl die Druckfarbe als auch das verwendete Papier in Kombination betrachtet werden, um die Deinkbarkeit sicherstellen zu können. Um den Verlagen und Druckereien eine Hilfestellung geben zu können, welche Kombination deinkbar ist, wurde eine Matrix aus 12 Papiervarianten und 8 Druckfarben-Varianten erstellt, die in einem dynamischen Digitaldruckverfahren verarbeitet werden können.

Die Papiervarianten bestanden dabei aus Naturpapieren mit den Technologien ColorLok und ProDigi, einem normalen Büropapier, einem speziellen Inkjet-Naturpapier, einem speziellen Tonerdruck-Naturpapier und einem klassischen (nicht für Digitaldruck gedachten) Naturpapier zum Vergleich, sowie einem klassisch gestrichenen Papier (das ebenfalls nicht für den Digitaldruck hergestellt wurde) einem gestrichenen Papier für Toner, einem wasserquellbar beschichtetem Papier, einem lösemittelquellbar beschichtetem Papier sowie einem porös beschichtetem Papier (je für Inkjets) – und schließlich einem Papier mit Inxwell-Pigmentierung.

Die untersuchten Druckfarben-Gruppen waren wasserbasierte Farbstofftinte, wasserbasierte Pigmenttinte, Lösemitteltinte, ölbasierte Pigmenttinte, UV-härtende Tinte, Wachstinte, Trockentoner sowie Flüssigtoner.

Nach Auswahl einer speziellen Druckmaschine für jede Farbe und eines bestimmten Papiers für jede Variante⁴¹ wurde eine Testform erstellt (siehe Anhang B) und diese verwendet, um die Papiere mit den gewählten Maschinen einseitig zu bedrucken. Diese Drucke wurden schließlich der Deinkbarkeitsprüfung nach INGEDE-Methode 11 [70] unterzogen⁴² und die Ergebnisse anhand der ERPC Deinkability Scorecard [80] evaluiert.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Auswahl von Papier und Druckfarbe mit Vorsicht getroffen werden muss, wenn sie deinkbar sein soll. Zum Beispiel muss ein Inkjet-Druck noch lange nicht deinkbar sein, weil das zugehörige Papier als Inkjet-Papier verkauft wurde, wie sich am Beispiel *Metsä Modo Jet Plus* in den Versuchen gezeigt hat. Im Gegensatz dazu war das nicht für den Digitaldruck hergestellte *UPM Finesse premium silk* auch mit Lösemitteltinte und ölbasierter Pigmenttinte deinkbar. Im Zweifel ist zur Entscheidung für ein Papier oder eine Farbe also eine Matrix heranzuziehen, wie sie in dieser Arbeit erstellt wurde.

Die einzigen beiden Druckfarben, die generell problematisch sind, sind die wasserbasierte Farbstofftinte, da sie das Kreislaufwasser in einer Papierfabrik färben würde (und manchmal auch direkt das Papier), und die UV-härtende Tinte, die sich nach dem Härten in eine gefärbte Kunststoffschicht verwandelt, die sich (zumindest nach der INGEDE Methode 11) nicht genügend zerkleinern lässt, um sie per Flotation zu entfernen. Da sich beide Tinten aber wahrscheinlich stark verbreiten werden (die Farbstofftinte aus Kostengründen und die UV-Tinte, da mit ihr alle Arten von Substraten bedruckt werden können), bietet es sich an, hier eine Forschung zur Reinigung des Kreislaufwassers (oder des Wasch-Deinkings) bei wasserbasierten Farbstofftinten vorzuschlagen und eine alternative Auffaserung der Drucke anzuregen, mit welcher die UV-Tinte entsprechend zerkleinert werden kann. Zudem soll der Hinweis aus [34, S. 81] in Betracht gezogen werden, nach welchen deinkbare Kombinationen aus UV-härtender Tinte und Papieren existieren – woher diese Unterschiede stammen, ist noch zu erforschen, damit generell deinkbare UV-härtende Tinten hergestellt werden können.

Bei beiden Tinten kam es weiterhin vor, dass das Kriterium der Ink Elimination einen negativen Prozentsatz erzielte – ein Ding der Unmöglichkeit, weswegen dieser Parameter auf eine andere Basis gestellt werden sollte als die Reflexion bei einer Wellenlänge von 700 nm. Ein Vorschlag des Autors wären z.B. die Farbwerte des CIEL*a*b*-Farbraums.

Bei allen anderen Druckfarben konnten Papiere gefunden werden, mit denen die Deinkbarkeit sichergestellt werden kann.

Selbst beim Flüssigtoner der *HP Indigo*, der bislang wegen der hohen Menge an Schmutzpunkten als nicht deinkbar galt [vgl. 65], war dies möglich – wenn auch nur auf den beiden Papieren *IGEPA maxiscript* und *Portucel Navigator*. Es sollte an den Gründen hierfür geforscht werden, sodass in Zukunft weitere Papiere auf den Markt kommen, mit denen Drucke der *HP Indigo* deinkbar sind.

Ein geringeres Schmutzpunkt-Problem erzeugte die Wachstinte des Xerox ColorQube. Einzig das *IGEPA maxiscript* und das *UPM Finesse premium silk* sind mit dieser Tinte durchgefallen – und dies nur knapp.

Auch bei der ölbasierten Pigmenttinte und der Lösemitteltinte konnten fast immer erfolgreiche Deinking-Ergebnisse erzielt werden – die einzige Ausnahme waren die Papiere *IGEPA maxiscript* und *Metsä Modo Jet Plus*, bei welchen sich die Tinte wieder im Kreislaufwasser sammelte.

Schlechtere Ergebnisse erzielte die wasserbasierte Pigmenttinte, die nur auf dem porös beschichteten Papier *Mitsubishi jetscript ML* unproblematisch deinkt werden konnte. Die Papiere mit den speziellen Technologien *ColorLok*, *ProDigi* und *Inxwell* sind bei dieser Tinte zwar durchgefallen, aber nur wegen nicht ganz ausreichender Ink Elimination – das bei ihnen hergestellte deinkte Papier selbst wäre noch akzeptabel. Aus diesem Grund soll hier vorgeschlagen werden, die in dieser Arbeit durchgeführten Versuche mit beidseitigem Druck der Testform zu wiederholen, um die Menge der Tinte auf diesen Papieren zu erhöhen.

⁴¹ Hierbei war kein wasserquellbar beschichtetes Papier verfügbar, das keine Zwischenschicht aus Polyethylen beinhaltet, weswegen diese Sorte ausgeschlossen wurde. Zudem war in Deutschland kein Inxwell-Papier verfügbar, das nicht gleichzeitig mit der i-Tone-Technologie beschichtet war, die eigentlich für Naturpapiere gedacht ist. Entsprechend wurde kein i-Tone-Naturpapier untersucht.

⁴² Hierbei stellte sich das Papier mit der lösemittelquellbaren Beschichtung als nicht nach dieser Methodik auffaserbar heraus.

Auf Nummer sicher gehen kann ein Verlag oder eine Druckerei mit Trockentoner: Dieser war (als einzige Druckfarbe) auf jedem untersuchten Papier unproblematisch deinkbar.

Sofern ein Inkjet verwendet werden soll, kann aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten der Rat gegeben werden, eine Lösemitteltinte der wasserbasierten Farbstofftinte vorzuziehen, wenn die Verwendung von Farbstoffen gewünscht ist. Ebenso sollte eine ölasierte Pigmenttinte statt einer wasserbasierten Pigmenttinte verwendet werden, wenn Pigmente gedruckt werden sollen. In letzterem Fall wäre aber zusätzlich der Einbau einer Trockeneinheit in die Druckmaschine nötig, falls gestrichene Papiere mit geringer Saugfähigkeit bedruckt werden sollen.

Da aber auch diese Ratschläge nur auf Beobachtungen mit einem einzigen Papier pro Papiervariante und einer einzigen Druckfarbe pro Farbgruppe durchgeführt werden konnte, ist der wichtigste Vorschlag: Die in dieser Arbeit erstellte Farb-Papier-Matrix muss mit weiteren Papieren und Farbsorten erweitert werden, bis sie zumindest die geläufigen Varianten enthält. Klarnamen sind hierbei zwingend, damit schlussendlich sowohl Verlage als auch Druckereien genügend Auswahl an Papieren und Farben für die jeweilige Situation haben und dennoch eine deinkbare Kombination wählen können.

Anhang A:

Details zu den Saugfähigkeits-Tests nach der Cobb₃₀-Methodik

Um Abgautschfehler aus der Berechnung auszuschließen, wurde pro Papier und Testflüssigkeit jenes Sample aus der Tabelle entfernt, das am meisten Flüssigkeit aufgenommen hat bzw. jene die offensichtlicher beschädigt waren, z.B. durch Knicke oder ähnliche Fehler. Die übrigen beiden Muster tragen weiterhin die Nummer der ursprünglichen Kennzeichnung. Samples, bei denen die Testflüssigkeit durchgeschlagen ist, sind mit einem [!] vermerkt. Die Reihenfolge der Papiere in der Tabelle entspricht jener in der Papiaerauswahl.

Papier, Grammatik & Seite	Test- flüssigkeit	Sample- Nummer	Gewicht des Samples [g]	Mittelwert des Samplegewichts [g]	Gewicht nach Cobb ₃₀ -Test [g]	Differenz [g]	Mittelwert der Differenz [g]	Differenz [%]	Mittelwert der Differenz [%]
Mohawk Options 100% PC White Smooth 120 g/m² (kalandriert)									
- weniger geglättete Seite -	Wasser	#1	1,450	1,426	2,421	0,971	0,959	66,984%	67,301%
		#2	1,401		2,349	0,948		67,618%	
	Rizinusöl	#1	1,4560	1,444	1,6896	0,234	0,199	16,044%	13,749%
		#2	1,4327		1,5968	0,164		11,454%	
- stärker geglättete Seite -	Wasser	#1	1,4463	1,445	2,4042	0,958	0,954	66,231%	66,012%
		#2	1,4436		2,3934	0,950		65,794%	
	Rizinusöl	#1	1,4463	1,444	1,6331	0,187	0,185	12,916%	12,833%
		#2	1,4407		1,6244	0,184		12,751%	
Mohawk Loop Eco White Vellum 118 g/m² (unkalandriert)									
- rauere Seite -	Wasser	#1	1,4502	1,469	2,0878	0,638	0,663	43,966%	45,105%
		#2	1,4871		2,1748	0,688		46,244%	
	Rizinusöl	#1	1,4917	1,483	1,8499	0,358	0,377	24,013%	25,429%
		#2	1,4744		1,8702	0,396		26,845%	
- glattere Seite -	Wasser	#2	1,4847	1,489	2,0065	0,522	0,555	35,145%	37,265%
		#3	1,4927		2,0806	0,588		39,385%	
	Rizinusöl	#2	1,4948	1,494	1,8693	0,375	0,370	25,054%	24,753%
		#3	1,4931		1,8582	0,365		24,452%	
Mohawk Loop Eco Cream Supersmooth 118 g/m² (kalandriert)									
- weniger geglättete Seite -	Wasser	#1 [fast !]	1,4854	1,481	2,0912	0,606	0,580	40,784%	39,133%
		#2 [fast !]	1,4775		2,0313	0,554		37,482%	
	Rizinusöl	#1	1,4766	1,482	1,6351	0,159	0,196	10,734%	13,236%
		#3	1,4869		1,7209	0,234		15,737%	
- stärker geglättete Seite -	Wasser	#1	1,4705	1,472	1,8201	0,350	0,344	23,774%	23,357%
		#3	1,4730		1,8109	0,338		22,940%	
	Rizinusöl	#2	1,4911	1,482	1,6805	0,189	0,190	12,702%	12,823%
		#3	1,4726		1,6632	0,191		12,943%	
UPM Finesse premium silk 115 g/m² (unkalandriert)									
- beidseitig -	Wasser	#1	1,376	1,390	1,590	0,214	0,213	15,513%	15,358%
		#2	1,403		1,616	0,213		15,204%	
	Rizinusöl	#2	1,404	1,403	1,488	0,084	0,076	5,992%	5,395%
		#3	1,403		1,470	0,067		4,798%	
UPM Finesse gloss 115 g/m² (kalandriert)									
- beidseitig -	Wasser	#1	1,375	1,361	1,565	0,190	0,190	13,824%	13,995%
		#3	1,347		1,538	0,191		14,165%	
	Rizinusöl	#1	1,371	1,358	1,422	0,051	0,064	3,742%	4,753%
		#3	1,344		1,422	0,077		5,765%	
UPM Finesse premium silk H 115 g/m² (unkalandriert)									
- beidseitig -	Wasser	#2	1,393	1,396	1,541	0,148	0,154	10,628%	11,046%
		#3	1,400		1,561	0,161		11,464%	
	Rizinusöl	#1	1,402	1,401	1,457	0,056	0,064	3,960%	4,575%
		#3	1,401		1,473	0,073		5,190%	
UPM Finesse gloss H 115 g/m² (kalandriert)									
- beidseitig -	Wasser	#1	1,470	1,442	1,599	0,129	0,131	8,789%	9,070%
		#2	1,414		1,546	0,132		9,351%	
	Rizinusöl	#2	1,398	1,433	1,456	0,057	0,054	4,105%	3,775%
		#3	1,468		1,519	0,051		3,446%	

Kritische Punkte beim nachhaltigen Publizieren per Print-on-Demand

Papier, Grammatur & Seite	Test-flüssigkeit	Sample-Nummer	Gewicht des Samples [g]	Mittelwert des Samplegewichts [g]	Gewicht nach Cobb ₃₀ -Test [g]	Differenz [g]	Mittelwert der Differenz [g]	Differenz [%]	Mittelwert der Differenz [%]
UPM Finesse premium silk G 115 g/m ² (unkalandriert) <i>- beidseitig -</i>	Wasser	#1	1,408	1,412	1,631	0,223	0,220	15,853%	15,580%
		#2	1,416		1,632	0,217		15,307%	
	Rizinusöl	#2	1,404	1,403	1,495	0,091	0,088	6,497%	6,270%
		#3	1,402		1,486	0,085		6,044%	
UPM Finesse gloss G 115 g/m ² (kalandriert) <i>- beidseitig -</i>	Wasser	#1	1,413	1,406	1,620	0,208	0,215	14,712%	15,324%
		#3	1,400		1,623	0,223		15,936%	
	Rizinusöl	#1	1,405	1,412	1,499	0,093	0,070	6,632%	4,991%
		#2	1,418		1,466	0,048		3,350%	
UPM Digi Finesse premium silk 115 g/m ² (unkalandriert) <i>- beidseitig -</i>	Wasser	#2	1,399	1,399	1,527	0,129	0,128	9,188%	9,129%
		#3	1,400		1,527	0,127		9,070%	
	Rizinusöl	#2	1,397	1,396	1,446	0,049	0,049	3,492%	3,488%
		#3	1,396		1,444	0,049		3,483%	
UPM Digi Finesse gloss 115 g/m ² (kalandriert) <i>- beidseitig -</i>	Wasser	#2	1,431	1,424	1,569	0,138	0,128	9,658%	8,955%
		#3	1,417		1,534	0,117		8,252%	
	Rizinusöl	#2	1,445	1,426	1,513	0,068	0,067	4,691%	4,672%
		#3	1,406		1,471	0,065		4,652%	
Mohawk Superfine Ultrawhite Eggshell 118 g/m ² (unkalandriert) <i>- rauere Seite -</i> <i>- glattere Seite -</i>	Wasser	#1	1,409	1,338	1,552	0,143	0,159	10,157%	11,983%
		#3	1,268		1,443	0,175		13,809%	
	Rizinusöl	#1	1,421	1,348	2,120	0,698	0,627	49,138%	46,347%
		#2	1,274		1,829	0,555		43,556%	
	Wasser	#1 [fast !]	1,270	1,356	1,553	0,284	0,359	22,332%	26,233%
		#2 [fast !]	1,443		1,878	0,435		30,134%	
	Rizinusöl	#1	1,261	1,360	1,821	0,560	0,625	44,412%	45,862%
		#2	1,459		2,149	0,690		47,313%	
Mohawk Superfine Ultrawhite Smooth 118 g/m ² (kalandriert) <i>- weniger geglättete Seite -</i> <i>- stärker geglättete Seite -</i>	Wasser	#1	1,249	1,240	1,407	0,158	0,177	12,656%	14,311%
		#3	1,231		1,428	0,197		15,966%	
	Rizinusöl	#1	1,263	1,231	1,551	0,288	0,278	22,834%	22,569%
		#3	1,199		1,467	0,268		22,305%	
	Wasser	#2	1,431	1,427	1,584	0,153	0,154	10,679%	10,796%
		#3	1,423		1,578	0,155		10,914%	
	Rizinusöl	#1	1,433	1,426	1,734	0,302	0,287	21,051%	20,087%
		#2	1,419		1,691	0,271		19,123%	
IGEPA maxioffset 120 g/m ² (unkalandriert) <i>- rauere Seite -</i> <i>- glattere Seite -</i>	Wasser	#2	1,441	1,433	1,656	0,215	0,210	14,904%	14,653%
		#3	1,424		1,629	0,205		14,401%	
	Rizinusöl	#2	1,455	1,446	2,026	0,571	0,565	39,265%	39,093%
		#3	1,436		1,995	0,559		38,922%	
	Wasser	#2	1,420	1,427	1,640	0,220	0,226	15,524%	15,838%
		#3	1,434		1,666	0,232		16,151%	
	Rizinusöl	#1	1,430	1,438	2,004	0,574	0,577	40,145%	40,152%
		#3	1,446		2,027	0,581		40,159%	
IGEPA maxiscript 120 g/m ² (kalandriert) <i>- weniger geglättete Seite -</i> <i>- stärker geglättete Seite -</i>	Wasser	#1	1,453	1,454	1,655	0,202	0,201	13,924%	13,855%
		#3	1,455		1,656	0,201		13,786%	
	Rizinusöl	#1	1,434	1,445	1,719	0,285	0,296	19,873%	20,483%
		#3	1,457		1,764	0,307		21,093%	
	Wasser	#1	1,457	1,468	1,653	0,196	0,197	13,416%	13,398%
		#3	1,479		1,677	0,198		13,380%	
	Rizinusöl	#2	1,463	1,458	1,776	0,313	0,324	21,354%	22,242%
		#3	1,452		1,788	0,336		23,129%	

Papier, Grammatik & Seite	Test- flüssigkeit	Sample- Nummer	Gewicht des Samples [g]	Mittelwert des Samplegewichts [g]	Gewicht nach Cobb ₃₀ -Test [g]	Differenz [g]	Mittelwert der Differenz [g]	Differenz [%]	Mittelwert der Differenz [%]
April Asia PaperOne All Purpose 80 g/m ² (unkalandriert)	<i>- Filzseite -</i>	Wasser	#1	1,021	1,019	1,201	0,180	0,183	17,646%
			#2	1,018		1,205	0,186		18,305%
		Rizinusöl	#1	1,024	1,021	1,500	0,477	0,484	46,542%
			#2	1,017		1,508	0,491		48,221%
	<i>- Siebseite -</i>	Wasser	#1	1,022	1,020	1,217	0,195	0,202	19,080%
			#3	1,019		1,228	0,209		20,510%
		Rizinusöl	#1	1,025	1,020	1,526	0,501	0,489	48,878%
			#3	1,016		1,493	0,477		46,949%
April Asia PaperOne Digital 85 g/m ² (kalandriert)	<i>- rauere Seite -</i>	Wasser	#1	1,067	1,070	1,249	0,182	0,187	17,059%
			#2	1,073		1,265	0,192		17,890%
		Rizinusöl	#1	1,067	1,071	1,687	0,620	0,608	58,079%
			#2	1,074		1,671	0,596		55,520%
	<i>- glattere Seite -</i>	Wasser	#1	1,064	1,064	1,259	0,195	0,192	18,364%
			#2	1,064		1,252	0,188		17,677%
		Rizinusöl	#1	1,062	1,063	1,553	0,491	0,494	46,239%
			#2	1,064		1,561	0,497		46,692%
Mondi DNS Premium 80 g/m ² (unkalandriert)	<i>- rauere Seite -</i>	Wasser	#2 [!]	1,015	1,012	1,707	0,692	0,719	68,141%
			#3 [!]	1,010		1,756	0,747		73,947%
		Rizinusöl	#2	1,017	1,011	1,466	0,449	0,458	44,157%
			#3	1,005		1,473	0,468		46,533%
	<i>- glattere Seite -</i>	Wasser	#2 [!]	1,003	1,012	1,758	0,755	0,766	75,239%
			#3 [!]	1,021		1,797	0,776		76,041%
		Rizinusöl	#2	1,010	1,016	1,455	0,445	0,453	44,116%
			#3	1,023		1,484	0,461		45,081%
Mondi DNS Color Print 80 g/m ² (kalandriert)	<i>- Filzseite -</i>	Wasser	#2	1,002	1,003	1,194	0,192	0,190	19,162%
			#3	1,004		1,193	0,188		18,748%
		Rizinusöl	#1	0,996	0,993	1,420	0,424	0,414	42,533%
			#3	0,990		1,394	0,403		40,711%
	<i>- Siebseite -</i>	Wasser	#2	1,000	1,000	1,201	0,201	0,206	20,112%
			#3	1,001		1,211	0,211		21,039%
		Rizinusöl	#1	1,000	0,998	1,431	0,430	0,417	43,003%
			#2	0,995		1,399	0,404		40,619%
StoraEnso MultiCopy Original 80 g/m ² (unkalandriert)	<i>- rauere Seite -</i>	Wasser	#2	0,982	0,985	1,288	0,306	0,315	31,148%
			#3	0,989		1,313	0,325		32,841%
		Rizinusöl	#2	0,987	0,989	1,462	0,475	0,459	48,111%
			#3	0,992		1,435	0,443		44,680%
	<i>- glattere Seite -</i>	Wasser	#2	0,996	0,995	1,309	0,313	0,317	31,419%
			#3	0,994		1,315	0,321		32,341%
		Rizinusöl	#2	0,991	0,997	1,433	0,442	0,444	44,576%
			#3	1,003		1,450	0,447		44,580%
StoraEnso MultiCopy Colour Laser 80 g/m ² (kalandriert)	<i>- leicht rauere Seite -</i>	Wasser	#1	1,024	1,013	1,272	0,248	0,251	24,192%
			#3	1,002		1,256	0,254		25,307%
		Rizinusöl	#2	0,993	0,998	1,367	0,375	0,380	37,722%
			#3	1,003		1,389	0,386		38,463%
	<i>- leicht glattere Seite -</i>	Wasser	#1	1,006	1,006	1,256	0,250	0,247	24,846%
			#2	1,006		1,251	0,245		24,344%
		Rizinusöl	#1	1,016	1,006	1,397	0,382	0,394	37,580%
			#2	0,995		1,401	0,406		40,741%

Kritische Punkte beim nachhaltigen Publizieren per Print-on-Demand

Papier, Grammatik & Seite	Test- flüssigkeit	Sample- Nummer	Gewicht des Samples [g]	Mittelwert des Samplegewichts [g]	Gewicht nach Cobb ₃₀ -Test [g]	Differenz [g]	Mittelwert der Differenz [g]	Differenz [%]	Mittelwert der Differenz [%]
International Paper Preprint-E 80 g/m² (unkalandriert?)									
- Filzseite -	Wasser	#1	0,999	0,998	1,189	0,191	0,191	19,075%	19,100%
		#3	0,998		1,188	0,191		19,126%	
- Siebseite -	Rizinusöl	#1	1,000	0,999	1,442	0,442	0,458	44,174%	45,914%
		#2	0,997		1,472	0,475		47,653%	
	Wasser	#1	1,009	1,007	1,215	0,206	0,202	20,388%	20,050%
		#3	1,005		1,203	0,198		19,711%	
	Rizinusöl	#1	1,003	1,003	1,416	0,413	0,414	41,185%	41,304%
		#3	1,003		1,418	0,415		41,424%	
International Paper Preprint-S 80 g/m² (smooth?)									
- rauere Seite -	Wasser	#1	1,030	1,032	1,216	0,186	0,210	18,089%	20,310%
		#2	1,034		1,267	0,233		22,531%	
- glattere Seite -	Rizinusöl	#2	1,037	1,032	1,462	0,424	0,434	40,922%	42,044%
		#3	1,027		1,471	0,443		43,166%	
	Wasser	#1	1,032	1,032	1,228	0,196	0,212	18,969%	20,561%
		#3	1,032		1,260	0,229		22,152%	
	Rizinusöl	#2	1,038	1,034	1,474	0,436	0,458	42,027%	44,310%
		#3	1,030		1,510	0,480		46,593%	
Portucel Navigator Universal 80 g/m² (kalandriert)									
- leicht rauere Seite -	Wasser	#2	1,010	1,013	1,257	0,246	0,250	24,389%	24,696%
		#3	1,015		1,269	0,254		25,002%	
- leicht glattere Seite -	Rizinusöl	#1	1,023	1,018	1,516	0,493	0,496	48,221%	48,760%
		#3	1,013		1,512	0,499		49,299%	
	Wasser	#1	1,020	1,016	1,278	0,258	0,260	25,311%	25,594%
		#3	1,012		1,274	0,262		25,877%	
	Rizinusöl	#1	1,021	1,020	1,535	0,514	0,497	50,294%	48,737%
		#3	1,020		1,501	0,481		47,181%	
Portucel Target Personal 80 g/m² (unkalandriert)									
- rauere Seite -	Wasser	#2	0,998	0,997	1,298	0,300	0,287	30,047%	28,744%
		#3	0,996		1,269	0,273		27,441%	
- glattere Seite -	Rizinusöl	#1	0,996	0,997	1,518	0,522	0,524	52,421%	52,500%
		#3	0,999		1,524	0,525		52,578%	
	Wasser	#1	0,995	0,991	1,296	0,301	0,287	30,287%	28,956%
		#3	0,987		1,259	0,273		27,625%	
	Rizinusöl	#1	0,990	0,988	1,476	0,487	0,509	49,207%	51,511%
		#3	0,987		1,518	0,531		53,815%	
Metsä Modo Jet PRO 80 g/m² (unkalandriert)									
- rauere Seite -	Wasser	#1	0,997	0,995	1,249	0,253	0,246	25,341%	24,744%
		#3	0,993		1,232	0,240		24,146%	
- glattere Seite -	Rizinusöl	#2	0,997	0,993	1,426	0,429	0,425	43,029%	42,840%
		#3	0,989		1,410	0,422		42,650%	
	Wasser	#2	0,992	0,994	1,229	0,238	0,242	23,981%	24,370%
		#3	0,996		1,243	0,247		24,759%	
	Rizinusöl	#1	0,996	0,995	1,425	0,429	0,438	43,107%	43,996%
		#3	0,995		1,442	0,447		44,884%	
Metsä Modo Jet 80 g/m² (unkalandriert)									
- rauere Seite -	Wasser	#2	0,997	1,009	1,222	0,225	0,224	22,531%	22,234%
		#3	1,020		1,244	0,224		21,937%	
- glattere Seite -	Rizinusöl	#1	0,990	0,990	1,438	0,448	0,458	45,243%	46,208%
		#3	0,990		1,457	0,467		47,172%	
	Wasser	#1	1,013	1,011	1,227	0,214	0,209	21,099%	20,635%
		#2	1,008		1,212	0,203		20,171%	
	Rizinusöl	#1	1,002	1,005	1,442	0,439	0,443	43,819%	44,055%
		#2	1,008		1,455	0,447		44,291%	

Papier, Grammatik & Seite	Test- flüssigkeit	Sample- Nummer	Gewicht des Samples [g]	Mittelwert des Samplegewichts [g]	Gewicht nach Cobb ₃₀ -Test [g]	Differenz [g]	Mittelwert der Differenz [g]	Differenz [%]	Mittelwert der Differenz [%]	
Metsä Modo Jet Plus 80 g/m² (kalandriert) - etwas rauere Seite - - etwas glattere Seite -	Wasser	#1	0,999	0,998	1,238	0,239	0,240	23,899%	24,009%	
		#3	0,997		1,237	0,240		24,120%		
	Rizinusöl	#1	0,997	1,003	1,419	0,422	0,432	42,341%	43,042%	
		#2	1,009		1,451	0,441		43,742%		
	Wasser	#1	1,003	0,999	1,255	0,252	0,252	25,162%	25,240%	
		#3	0,996		1,248	0,252		25,319%		
	Rizinusöl	#1	0,993	0,998	1,455	0,462	0,467	46,511%	46,758%	
		#2	1,003		1,475	0,472		47,005%		
	Crown Letsgo High Performance Pigment (ColorPRO) , 80 g/m² (unkalandriert) - rauere Seite - - glattere Seite -	Wasser	#2 [!]	0,942	0,967	1,686	0,745	0,763	79,099%	78,836%
			#3 [!]	0,993		1,773	0,780		78,572%	
Rizinusöl		#1	0,990	0,981	1,307	0,317	0,313	31,997%	31,866%	
		#2	0,972		1,280	0,308		31,735%		
Wasser		#1 [!]	0,958	0,970	1,740	0,782	0,770	81,702%	79,365%	
		#3 [!]	0,983		1,739	0,757		77,028%		
Rizinusöl		#1	0,955	0,968	1,299	0,344	0,342	36,067%	35,324%	
		#2	0,981		1,321	0,339		34,580%		
Crown Letsgo Universal Pigment (ColorPRO) , 80 g/m² (kalandriert) - etwas rauere Seite - - etwas glattere Seite -		Wasser	#1 [!]	0,975	0,963	1,721	0,746	0,726	76,508%	75,419%
			#2 [!]	0,951		1,657	0,707		74,329%	
	Rizinusöl	#2	0,986	0,985	1,323	0,338	0,334	34,263%	33,870%	
		#3	0,984		1,313	0,329		33,476%		
	Wasser	#2 [!]	0,991	0,977	1,700	0,710	0,707	71,661%	72,388%	
		#3 [!]	0,963		1,667	0,704		73,115%		
	Rizinusöl	#2	0,987	0,984	1,318	0,330	0,337	33,458%	34,267%	
		#3	0,981		1,326	0,344		35,076%		
	Crown Letsgo Bright Silk Pigment (ColorPRO) , 80 g/m² (mehrfach kalandriert) - beidseitig -	Wasser	#2 [!]	1,010	1,015	1,803	0,793	0,789	78,556%	77,724%
			#3 [!]	1,020		1,804	0,784		76,892%	
Rizinusöl		#1	1,006	1,026	1,250	0,244	0,251	24,245%	24,450%	
		#2	1,047		1,305	0,258		24,656%		
Crown Letsgo Bright Silk Dye / Pigment 80 g/m² (mehrfach kalandriert) - beidseitig -		Wasser	#2 [!]	1,005	1,006	1,803	0,797	0,772	79,327%	76,734%
	#3 [!]		1,007	1,754		0,747	74,141%			
	Rizinusöl	#2	1,026	1,034	1,282	0,256	0,253	24,924%	24,439%	
		#3	1,042		1,291	0,250		23,954%		
	Crown Letsgo Bright Entry Pigment 80 g/m² (unkalandriert) - rauere Seite - - glattere Seite -	Wasser	#2	0,983	0,981	1,167	0,185	0,183	18,787%	18,679%
#3			0,980	1,162		0,182	18,571%			
Rizinusöl		#2	0,984	0,977	1,381	0,397	0,404	40,338%	41,404%	
		#3	0,969		1,381	0,412		42,470%		
Wasser		#1	0,955	0,971	1,139	0,184	0,185	19,234%	19,069%	
		#3	0,988		1,174	0,187		18,904%		
Rizinusöl		#2	0,975	0,978	1,377	0,402	0,402	41,227%	41,165%	
		#3	0,980		1,383	0,403		41,104%		
Crown Letsgo Universal Pigment 80 g/m² (kalandriert) - rauere Seite - - glattere Seite -		Wasser	#2 [!]	0,953	0,970	1,800	0,847	0,855	88,904%	88,139%
			#3 [!]	0,988		1,851	0,863		87,375%	
	Rizinusöl	#1	0,974	0,973	1,304	0,330	0,333	33,864%	34,208%	
		#2	0,973		1,309	0,336		34,553%		
	Wasser	#1 [!]	0,976	0,973	1,833	0,857	0,851	87,865%	87,478%	
		#3 [!]	0,970		1,815	0,845		87,091%		
	Rizinusöl	#1	0,966	0,973	1,315	0,349	0,342	36,156%	35,098%	
		#2	0,981		1,314	0,334		34,040%		

Kritische Punkte beim nachhaltigen Publizieren per Print-on-Demand

Papier, Grammatik & Seite		Test- flüssigkeit	Sample- Nummer	Gewicht des Samples [g]	Mittelwert des Samplegewichts [g]	Gewicht nach Cobb ₃₀ -Test [g]	Differenz [g]	Mittelwert der Differenz [g]	Differenz [%]	Mittelwert der Differenz [%]
Crown Letsgo Eco Dye (Higher Bulk) 80 g/m² (unkalandriert)										
- rauere Seite -	Wasser	#1 [!]	1,007	1,010	1,925	0,919	0,911	91,221%	90,261%	
		#2 [!]	1,012		1,916	0,904		89,301%		
- glattere Seite -	Rizinusöl	#2	1,009	1,002	1,455	0,446	0,451	44,172%	44,989%	
		#3	0,994		1,449	0,455		45,805%		
	Wasser	#1 [!]	1,003	1,003	1,911	0,909	0,905	90,587%	90,229%	
		#3 [!]	1,002		1,903	0,901		89,871%		
	Rizinusöl	#2	1,002	0,996	1,418	0,416	0,416	41,515%	41,746%	
		#3	0,990		1,405	0,415		41,977%		
Crown Letsgo Eco Dye 80 g/m² (kalandriert)										
- etwas rauere Seite -	Wasser	#2 [!]	0,981	0,981	1,868	0,887	0,894	90,360%	91,138%	
		#3 [!]	0,981		1,883	0,902		91,916%		
- etwas glattere Seite -	Rizinusöl	#1	0,980	0,982	1,338	0,358	0,356	36,490%	36,295%	
		#3	0,983		1,338	0,355		36,099%		
	Wasser	#2 [!]	0,961	0,973	1,841	0,880	0,880	91,609%	90,473%	
		#3 [!]	0,985		1,864	0,880		89,337%		
	Rizinusöl	#2	1,006	0,994	1,378	0,372	0,360	36,956%	36,214%	
		#3	0,982		1,331	0,348		35,471%		
Mitsubishi jetscript MZ 9084 84 g/m²										
- rötliche Beschichtungsseite -	Wasser	#2	1,054	1,058	1,294	0,239	0,241	22,707%	22,804%	
		#3	1,061		1,304	0,243		22,901%		
	Rizinusöl	#1	1,048	1,052	1,463	0,415	0,420	39,656%	39,936%	
		#2	1,057		1,482	0,425		40,216%		
Mitsubishi jetscript DT 9002 90 g/m² (ungestrichen!)										
- leicht rauere Seite -	Wasser	#1 [!]	1,115	1,104	2,049	0,934	0,928	83,789%	84,067%	
		#2 [!]	1,094		2,017	0,923		84,345%		
- leicht glattere Seite -	Rizinusöl	#1	1,119	1,109	1,572	0,453	0,451	40,520%	40,634%	
		#2	1,099		1,546	0,448		40,748%		
	Wasser	#1 [!]	1,114	1,114	2,028	0,913	0,922	81,953%	82,722%	
		#2 [!]	1,114		2,044	0,930		83,492%		
	Rizinusöl	#1	1,110	1,107	1,548	0,438	0,446	39,504%	40,303%	
		#2	1,105		1,559	0,454		41,101%		
Mitsubishi jetscript ML 9084 85 g/m²										
- rötliche Beschichtungsseite -	Wasser	#1	1,062	1,056	1,264	0,203	0,202	19,075%	19,146%	
		#3	1,051		1,253	0,202		19,216%		
	Rizinusöl	#1	1,060	1,057	1,516	0,457	0,454	43,105%	42,992%	
		#3	1,054		1,506	0,452		42,879%		
Mitsubishi jetscript DL 9084 89 g/m²										
- beidseitig -	Wasser	#1	1,078	1,080	1,284	0,206	0,208	19,143%	19,235%	
		#2	1,083		1,292	0,209		19,328%		
	Rizinusöl	#1	1,085	1,084	1,479	0,394	0,415	36,304%	38,267%	
		#2	1,082		1,518	0,435		40,229%		
Mitsubishi jetscript DLS 9020 90 g/m²										
- beidseitig -	Wasser	#1 [!]	1,116	1,115	2,084	0,968	0,958	86,804%	85,938%	
		#3 [!]	1,115		2,063	0,948		85,071%		
		#2	1,129	1,123	1,371	0,243	0,259	21,487%	23,037%	
		#3	1,116		1,391	0,275		24,588%		
Mitsubishi jetscript GS 1061 95 g/m²										
- glänzende Beschichtungsseite -	Wasser	#1	1,148	1,153	1,417	0,270	0,277	23,521%	24,016%	
		#3	1,159		1,443	0,284		24,510%		
	Rizinusöl	#1	1,158	1,151	1,369	0,212	0,196	18,278%	17,039%	
		#2	1,144		1,324	0,181		15,801%		
Mitsubishi jetscript DS 9041 90 g/m²										
- beidseitig -	Wasser	#1 [!]	1,119	1,117	1,742	0,623	0,620	55,661%	55,545%	
		#3 [!]	1,114		1,732	0,618		55,430%		
	Rizinusöl	#1	1,106	1,111	1,299	0,193	0,184	17,444%	16,600%	
		#3	1,116		1,292	0,176		15,756%		

Papier, Grammatik & Seite	Test- flüssigkeit	Sample- Nummer	Gewicht des Samples [g]	Mittelwert des Samplegewichts [g]	Gewicht nach Cobb ₃₀ -Test [g]	Differenz [g]	Mittelwert der Differenz [g]	Differenz [%]	Mittelwert der Differenz [%]
Mitsubishi jetscript L 8504 86 g/m ² - glänzende Beschichtungsseite -	Wasser	#1	1,036	1,037	1,493	0,456	0,458	44,050%	44,140%
		#2	1,037		1,496	0,459		44,230%	
	Rizinusöl	#2	1,032	1,027	1,321	0,289	0,287	28,008%	27,957%
		#3	1,023		1,308	0,285		27,907%	
Felix Schoeller TRUST economy 100 g/m ² - glänzende Beschichtungsseite -	Wasser	#2	1,240	1,231	1,541	0,301	0,303	24,314%	24,605%
		#3	1,222		1,526	0,304		24,896%	
	Rizinusöl	#1	1,219	1,225	1,352	0,134	0,136	10,955%	11,098%
		#2	1,231		1,370	0,138		11,240%	
Felix Schoeller JET-SPEED label stock 95 g/m ² - glänzende Beschichtungsseite -	Wasser	#1	1,156	1,161	1,506	0,350	0,352	30,269%	30,291%
		#2	1,166		1,519	0,353		30,314%	
	Rizinusöl	#2	1,156	1,162	1,559	0,403	0,389	34,847%	33,513%
		#3	1,167		1,543	0,376		32,180%	
Felix Schoeller JET-SPEED master silk 130 g/m ² (unkalandriert?) - beidseitig -	Wasser	#1	1,725	1,723	2,010	0,285	0,287	16,519%	16,643%
		#3	1,720		2,008	0,288		16,767%	
	Rizinusöl	#2	1,718	1,723	1,874	0,156	0,163	9,076%	9,451%
		#3	1,729		1,899	0,170		9,826%	
Felix Schoeller JET-SPEED master gloss 130 g/m ² (kalandriert?) - beidseitig -	Wasser	#2	1,711	1,720	1,991	0,281	0,280	16,402%	16,273%
		#3	1,729		2,008	0,279		16,144%	
	Rizinusöl	#1	1,730	1,729	1,927	0,198	0,199	11,423%	11,495%
		#3	1,728		1,928	0,200		11,567%	
HP Everyday Photo Paper glossy 200 g/m ² - glänzende Beschichtungsseite -	Wasser	#2	2,422	2,416	2,644	0,223	0,223	9,187%	9,247%
		#3	2,410		2,634	0,224		9,308%	
	Rizinusöl	#2	2,408	2,423	2,658	0,250	0,252	10,392%	10,413%
		#3	2,438		2,692	0,254		10,435%	
EMBLEM Star Photo Semimatt 3 170 g/m ² - Beschichtungsseite -	Wasser	#1 [klebt]	2,083	2,100	2,610	0,527	0,522	25,277%	24,869%
		#2 [klebt]	2,117		2,635	0,518		24,461%	
	Rizinusöl	#1	2,092	2,105	2,140	0,048	0,042	2,285%	1,976%
		#2	2,117		2,153	0,035		1,667%	
Felix Schoeller Ultra 8 seidenmatt 170 g/m ² (unkalandriert?) - glänzendere Beschichtungsseite -	Wasser	#1 [klebt]	2,119	2,116	2,621	0,503	0,503	23,734%	23,781%
		#2 [klebt]	2,113		2,616	0,503		23,827%	
	Rizinusöl	#1	2,135	2,125	2,158	0,023	0,038	1,087%	1,806%
		#2	2,114		2,167	0,053		2,526%	
Felix Schoeller Ultra 8 glänzend 170 g/m ² - glänzende Beschichtungsseite -	Wasser	#2 [klebt]	2,140	2,140	2,550	0,411	0,429	19,183%	20,055%
		#3 [klebt]	2,139		2,587	0,448		20,926%	
	Rizinusöl	#2	2,128	2,138	2,155	0,027	0,036	1,288%	1,682%
		#3	2,149		2,193	0,045		2,076%	
Cham Promoprint D 90 g/m ² - beidseitig -	Wasser	#1	1,059	1,062	1,347	0,288	0,290	27,201%	27,298%
		#2	1,065		1,357	0,292		27,395%	
	Rizinusöl	#1	1,075	1,068	1,304	0,229	0,233	21,338%	21,812%
		#2	1,062		1,298	0,237		22,285%	
Cham Promoprint P 90 g/m ² - beidseitig -	Wasser	#1	1,103	1,102	1,385	0,282	0,282	25,603%	25,598%
		#2	1,102		1,383	0,282		25,592%	
	Rizinusöl	#1	1,076	1,091	1,213	0,137	0,140	12,720%	12,824%
		#2	1,106		1,249	0,143		12,929%	

Kritische Punkte beim nachhaltigen Publizieren per Print-on-Demand

Papier, Grammatur & Seite	Test- flüssigkeit	Sample- Nummer	Gewicht des Samples [g]	Mittelwert des Samplegewichts [g]	Gewicht nach Cobb ₃₀ -Test [g]	Differenz [g]	Mittelwert der Differenz [g]	Differenz [%]	Mittelwert der Differenz [%]
Sihl EcoArt Billboard Paper blueback 110 g/m ² - glänzendere weiße Beschichtungsseite -	Wasser	#1	1,385	1,390	1,406	0,021	0,023	1,546%	1,650%
		#2	1,396		1,421	0,025		1,755%	
	Rizinusöl	#1	1,381	1,391	1,427	0,045	0,049	3,287%	3,485%
		#2	1,401		1,453	0,052		3,683%	
Sihl UniSolv BillArt Paper blueback 120 g/m ² - glänzendere weiße Beschichtungsseite -	Wasser	#1	1,504	1,506	1,519	0,016	0,017	1,044%	1,106%
		#3	1,508		1,526	0,018		1,167%	
	Rizinusöl	#1	1,494	1,501	1,533	0,039	0,042	2,638%	2,804%
		#3	1,509		1,553	0,045		2,970%	
Sihl TriSolv PostArt Paper blueback 120 g/m ² (unkalandriert?) - glänzendere weiße Beschichtungsseite -	Wasser	#1	1,628	1,625	1,638	0,009	0,011	0,577%	0,696%
		#2	1,621		1,634	0,013		0,814%	
	Rizinusöl	#1	1,605	1,614	1,636	0,030	0,037	1,875%	2,275%
		#3	1,623		1,666	0,043		2,674%	
Sihl TriSolv PrimeArt Paper blueback 120 g/m ² (unkalandriert?) - glänzendere weiße Beschichtungsseite -	Wasser	#1	1,693	1,696	1,705	0,012	0,011	0,733%	0,672%
		#3	1,700		1,710	0,010		0,612%	
	Rizinusöl	#1	1,691	1,696	1,731	0,041	0,035	2,407%	2,074%
		#2	1,701		1,731	0,030		1,740%	

Anhang B:

Die Testformen

Die zum Herstellen der Drucke verwendeten Testformen finden sich auf den nachfolgenden vier A4-Seiten. Sie wurden so aufgeteilt, dass die Form beim Aufschlagen der Seite so sichtbar ist, wie sie es auf einem A3-Blatt ausgedruckt wäre, d.h. das Foto befindet sich auf der linken Seite und die Prüfmuster sowie der Text auf der rechten.

Um die Testformen originalgetreu wiedergeben zu können, finden sich auf den entsprechenden Seiten weder die Titelzeile dieser Arbeit noch die Fußzeile mit der Seitenzahl.

Um die PDF-Version erkennen zu können, mit der eine Testform gedruckt wurde, wurde in der mittleren Textspalte in den untersten Zeilen ein Satz eingefügt, in dem die Version genannt ist.

Inwiefern die die Testform beim Druck dieser Masterarbeit ohne Verfälschungen wiedergegeben werden kann, sei dahin gestellt. Im Zweifel sei auf die PDF-Dateien verwiesen, die sich auf der beigefügten CD befinden.

Die mp100-Testform

Diese Testform soll gleichzeitig ein Magazin-Layout zum Deinken simulieren und zum Prüfen der Druckqualität dienen.

Sie wurde benannt nach dem E-Mail-Kürzel, das der Autor dieser Masterthesis während seiner Studienzeit an der Hochschule der Medien, Stuttgart, erhalten hat.

Das Grundlayout

Die Testform selbst wurde im A3-Format erstellt, sodass die Darstellung der Größe eines aufgeschlagenen Magazins der Größe A4 entspricht. Das Grundlayout dieser Testform entspricht daher zwei A4-Seiten mit je 10 mm Rand, die an der langen Seite zusammengefügt worden sind.

Falls zum Verdrucken einer bestimmten Tinte ein Drucker verwendet werden muss, der nur Papier bis zum A4-Format bedrucken kann, braucht die Testform dann lediglich in der Mitte geteilt und auf zwei einzelnen A4-Blättern ausgedruckt zu werden.

Die Testform selbst zeigt auf der linken Seite ein Foto, das den kompletten Textbereich ausfüllt, eine Kurzbeschreibung des Bildes sowie die Artikelüberschrift mit Kurzzusammenfassung (Abstand zum Bildrand jeweils 5 mm). Eine derartige Kombination wird in Magazinen oft als Aufhänger verwendet, kann aber auch zur Simulation einer Seite mit Werbung dienen.

Das vom Autor selbst fotografierte Bild wurde hierbei so gewählt, dass im Bild nach einer Konvertierung in den CMYK-Farbraum per Adobe Photoshop CS5 und dem „Photoshop 5 Default CMYK“ Profil alle vier Druckfarben in etwa gleichem Maße enthalten waren. Ein solches Bild wurde dann mit Hilfe der Gradationskurven so nachbearbeitet, dass jeder Farbkanal einen Mittelwert von etwa 153 hatte, was einer Flächendeckung von 40% entspricht. Die Gesamtdeckung des Bildes beträgt damit über alle vier Druckfarben 160%.

Auf der rechten Seite der Testform ist ein dreispaltiger Text eingefügt (Spaltenbreite 5 mm), in dem diese Testform erklärt wird. Ebenso sind zwei Farbkreise und vier Siemenssterne enthalten, mit welchen die Qualität der Ausdrücke beurteilt werden können.

Diese Prüfgrafiken wurden in Adobe Illustrator CS5 erstellt, wobei wieder das „Photoshop 5 Default CMYK“-Farbprofil zum Einsatz kam. Schließlich wurde in Adobe InDesign CS5 das Layout mit dem Foto, den Texten und den Grafiken gefüllt, wobei auch hier das Profil „Photoshop 5 Default CMYK“ für das Dokument festgelegt wurde, um Farbverschiebungen vom Foto und den Grafiken zu vermeiden.

Die Farbkreise

Die unten befindlichen Farbkreise ähneln dem CIE-L*a*b*-Farbraum insofern, dass außen die reinen bunten Farben zu finden sind, innen weiß oder schwarz. Aber im Gegensatz zu CIE-L*a*b* wurden die Farbkreise dieser Testform rein

aus Cyan, Magenta und Gelb erstellt, um einschätzen zu können, wie gut ein Drucker diese Farben mischen und rastern kann.

Im Farbkreis selbst wird die Transparenz einer Farben wie bei einem Farbkeil nach innen in 10 Schritten zu je 10% erhöht. Zwischen den bunten Farben selbst finden sich ebenfalls 10 Abstufungen: Blau, Rot und Grün werden dabei aus zwei Mal 100% der anliegenden Druckfarben gemischt und pro Abstufung werden 20% einer Farbe abgezogen, bis die jeweilige Druckfarbe selbst erreicht ist. Ein solcher Farbkreis hat Weiß als Zentrum, sodass mit diesem überprüft werden kann, wie der Drucker mit Halbtönen umgeht.

Die Abdunklung der Farben wird durch einen zweiten Farbkreis überprüft, der sich vom ersten nur dadurch unterscheidet, dass sich unter ihm ein schwarz gefüllter Kreis befindet.

Die Siemenssterne

Ein Siemensstern besteht aus gleich großen gleichschenkligen Dreiecken, deren kleinster Winkel zum Mittelpunkt eines gedachten Kreises zeigt. Die Dreiecke sind so um diesen Mittelpunkt herum angeordnet dass zwischen ihnen weiße Flächen entstehen, welche die gleichen Maße haben, wie die Dreiecke selbst. Sofern diese Kriterien eingehalten werden, können die Maße der Dreiecke und deren Drehwinkel frei gewählt werden. Hier wurden ein Drehwinkel von 12° und eine Höhe der Dreiecke von 25 mm verwendet, sodass ein Siemensstern mit 30 Strahlen und 50 mm Durchmesser entsteht.

Ein ausgedruckter Siemensstern enthält im Inneren immer einen unscharfen Fleck, da ein Drucker die immer kleiner werdenden Abstände zwischen Farbe und Weiß irgendwann nicht mehr auflösen kann. Je kleiner der Kreis, umso besser die Auflösung des Druckers. Dessen Auflösungsgrenze kann man berechnen, indem man den Durchmesser des Flecks mal den Durchmesser des Siemenssterns mal Pi rechnet und dies durch die doppelte Strahlenszahl teilt. Da jede Druckfarbe separat gerastert wird, findet sich rechts auch für jede dieser vier Farben ein separater Siemensstern.

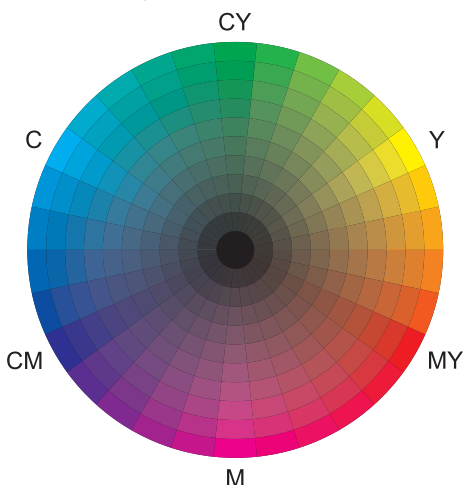
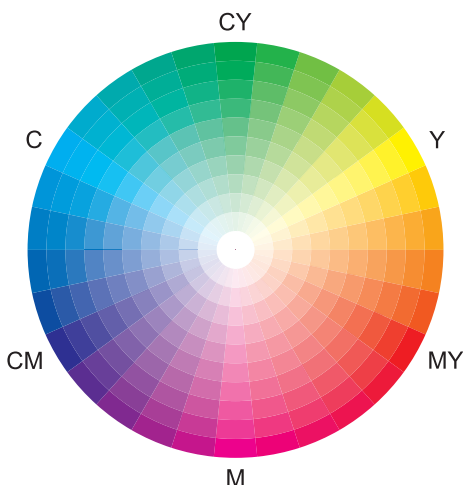
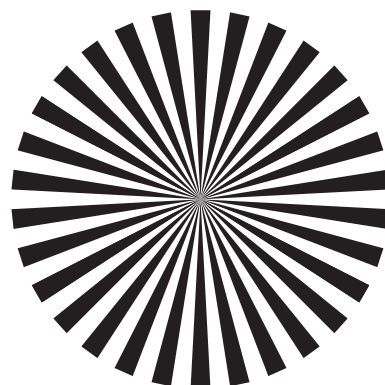
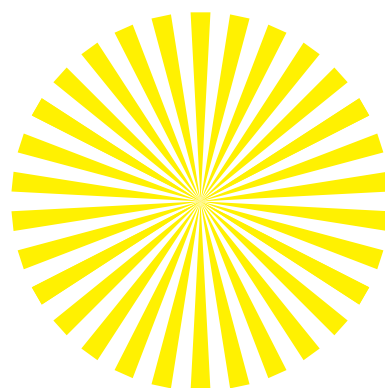
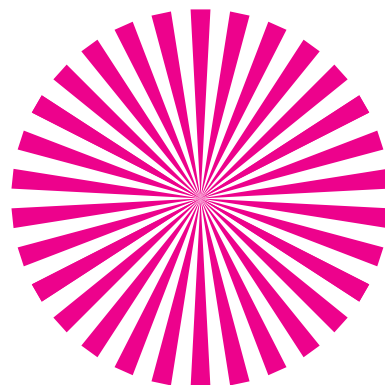
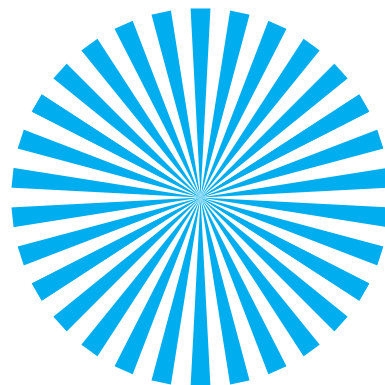
Der PDF-Export

Damit die Testform mit den verschiedenen Druckern und unterschiedlicher Hardware verarbeitet werden kann, wurde das fertige Dokument als PDF exportiert. Hierbei wurde als „Adobe PDF-Vorgabe“ das Format PDF/X-1a eingestellt, da dieser Standard in der

Druckbranche am weitesten verbreitet ist. Um die Besonderheiten dieser Testform zu berücksichtigen, wurden beim Export aber folgende Einstellungen geändert:

Unter *Komprimierung* wurde das Häkchen bei „Text- & Strichgrafiken komprimieren“ entfernt, damit das Zentrum der Siemenssterne nicht schon vom PDF-Export gerastert wird.

Außerdem wurde unter *Ausgabe* festgelegt, dass keine Farbkonvertierung durchgeführt wird, aber alle verwendeten Profile eingebettet werden. So kann sichergestellt werden, dass das überall verwendete Farbprofil „Photoshop 5 Default CMYK“ bis zum Drucker gelangt und so überall die im Foto und in den Grafiken festgelegte Menge Farbe gedruckt wird.



Die mp100-Testform

Diese Testform soll gleichzeitig ein Magazin-Layout zum Deinken simulieren und zum Prüfen der Druckqualität dienen.

Sie wurde benannt nach dem E-Mail-Kürzel, das der Autor dieser Masterthesis während seiner Studienzeit an der Hochschule der Medien, Stuttgart, erhalten hat.

Das Grundlayout

Die Testform selbst wurde im A3-Format erstellt, sodass die Darstellung der Größe eines aufgeschlagenen Magazins der Größe A4 entspricht. Das Grundlayout dieser Testform entspricht daher zwei A4-Seiten mit je 10 mm Rand, die an der langen Seite zusammengefügt worden sind.

Falls zum Verdrucken einer bestimmten Tinte ein Drucker verwendet werden muss, der nur Papier bis zum A4-Format bedrucken kann, braucht die Testform dann lediglich in der Mitte geteilt und auf zwei einzelnen A4-Blättern ausgedruckt zu werden.

Die Testform selbst zeigt auf der linken Seite ein Foto, das den kompletten Textbereich ausfüllt, eine Kurzbeschreibung des Bildes sowie die Artikelüberschrift mit Kurzzusammenfassung (Abstand zum Bildrand jeweils 5 mm). Eine derartige Kombination wird in Magazinen oft als Aufhänger verwendet, kann aber auch zur Simulation einer Seite mit Werbung dienen.

Das vom Autor selbst fotografierte Bild wurde hierbei so gewählt, dass im Bild nach einer Konvertierung in den CMYK-Farbraum per Adobe Photoshop CS5 und dem „Photoshop 5 Default CMYK“ Profil alle vier Druckfarben in etwa gleichem Maße enthalten waren. Ein solches Bild wurde dann mit Hilfe der Gradationskurven so nachbearbeitet, dass jeder Farbkanal einen Mittelwert von etwa 153 hatte, was einer Flächendeckung von 40% entspricht. Die Gesamtdeckung des Bildes beträgt damit über alle vier Druckfarben 160%.

Auf der rechten Seite der Testform ist ein dreispaltiger Text eingefügt (Spaltenbreite 5 mm), in dem diese Testform erklärt wird. Ebenso sind zwei Farbkreise und vier Siemenssterne enthalten, mit welchen die Qualität der Ausdrücke beurteilt werden können.

Diese Prüfgrafiken wurden in Adobe Illustrator CS5 erstellt, wobei wieder das „Photoshop 5 Default CMYK“-Farbprofil zum Einsatz kam. Schließlich wurde in Adobe InDesign CS5 das Layout mit dem Foto, den Texten und den Grafiken gefüllt, wobei auch hier das Profil „Photoshop 5 Default CMYK“ für das Dokument festgelegt wurde, um Farbverschiebungen vom Foto und den Grafiken zu vermeiden.

Die Farbkreise

Die unten befindlichen Farbkreise ähneln dem CIE-L*a*b*-Farbraum insofern, dass außen die reinen bunten Farben zu finden sind, innen weiß oder schwarz. Aber im Gegensatz zu CIE-L*a*b* wurden die Farbkreise dieser Testform rein

aus Cyan, Magenta und Gelb erstellt, um einschätzen zu können, wie gut ein Drucker diese Farben mischen und rastern kann.

Im Farbkreis selbst wird die Transparenz einer Farben wie bei einem Farbkeil nach innen in 10 Schritten zu je 10% erhöht. Zwischen den bunten Farben selbst finden sich ebenfalls 10 Abstufungen: Blau, Rot und Grün werden dabei aus zwei Mal 100% der anliegenden Druckfarben gemischt und pro Abstufung werden 20% einer Farbe abgezogen, bis die jeweilige Druckfarbe selbst erreicht ist. Ein solcher Farbkreis hat Weiß als Zentrum, sodass mit diesem überprüft werden kann, wie der Drucker mit Halbtönen umgeht.

Die Abdunklung der Farben wird durch einen zweiten Farbkreis überprüft, der sich vom ersten nur dadurch unterscheidet, dass sich unter ihm ein schwarz gefüllter Kreis befindet.

Die Siemenssterne

Ein Siemensstern besteht aus gleich großen gleichschenkligen Dreiecken, deren kleinster Winkel zum Mittelpunkt eines gedachten Kreises zeigt. Die Dreiecke sind so um diesen Mittelpunkt herum angeordnet dass zwischen ihnen weiße Flächen entstehen, welche die gleichen Maße haben, wie die Dreiecke selbst. Sofern diese Kriterien eingehalten werden, können die Maße der Dreiecke und deren Drehwinkel frei gewählt werden. Hier wurden ein Drehwinkel von 12° und eine Höhe der Dreiecke von 25 mm verwendet, sodass ein Siemensstern mit 30 Strahlen und 50 mm Durchmesser entsteht.

Ein ausgedruckter Siemensstern enthält im Inneren immer einen unscharfen Fleck, da ein Drucker die immer kleiner werdenden Abstände zwischen Farbe und Weiß irgendwann nicht mehr auflösen kann. Je kleiner der Kreis, umso besser die Auflösung des Druckers. Dessen Auflösungsgrenze kann man berechnen, indem man den Durchmesser des Flecks mal den Durchmesser des Siemenssterns mal Pi rechnet und dies durch die doppelte Strahlenzahl teilt. Da jede Druckfarbe separat gerastert wird, findet sich rechts auch für jede dieser vier Farben ein separater Siemensstern.

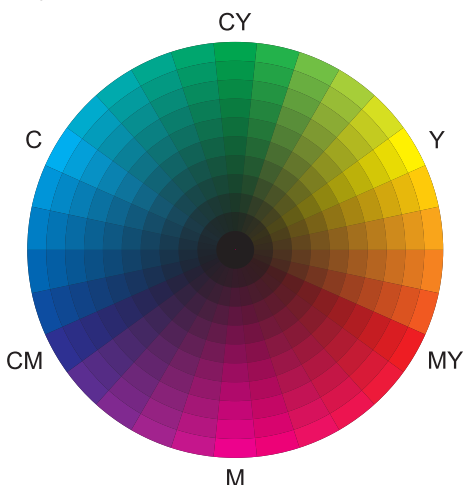
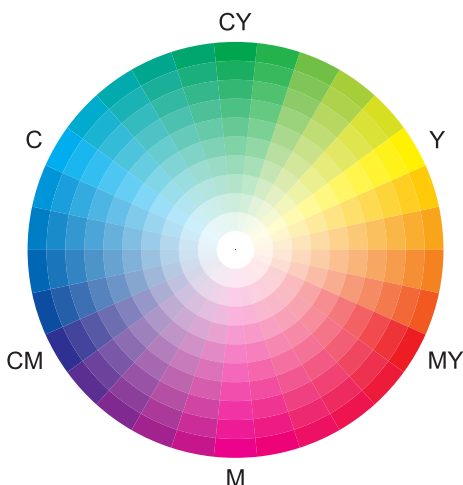
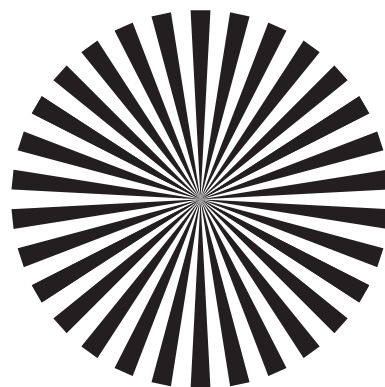
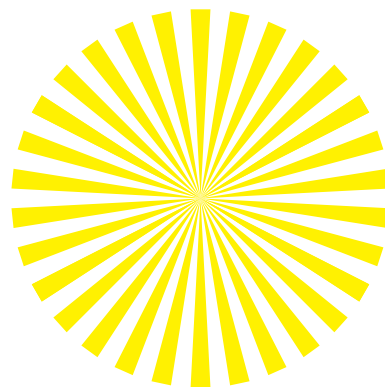
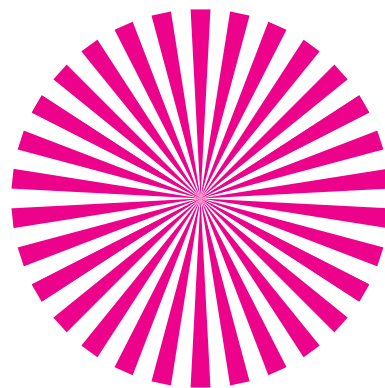
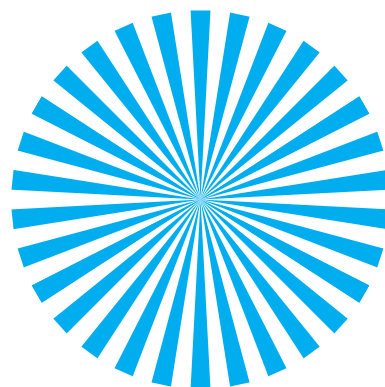
Der PDF-Export

Damit die Testform mit den verschiedenen Druckern und unterschiedlicher Hardware verarbeitet werden kann, wurde das fertige Dokument als PDF exportiert. Hierbei wurde als „Adobe PDF-Vorgabe“ das Format PDF/X-4 eingestellt, da dieser Standard die Transparenzen

beibehält, die in den Farbkreisen verwendet werden, anstatt sie beim Export vorzurastern. Beim PDF-Export wurden zusätzlich folgende Einstellungen geändert, um die Besonderheiten dieser Testform zu berücksichtigen:

Unter *Komprimierung* wurde das Häkchen bei „Text- & Strichgrafiken komprimieren“ entfernt, damit das Zentrum der Siemenssterne nicht schon vom PDF-Export gerastert wird.

Außerdem wurde unter *Ausgabe* festgelegt, dass keine Farbkonvertierung durchgeführt wird. So kann sichergestellt werden, dass das überall verwendete Farbprofil „Photoshop 5 Default CMYK“ bis zum Drucker gelangt und so überall die im Foto und in den Grafiken festgelegte Menge Farbe gedruckt wird.



Anhang C:

Vorversuche zum Deinking (Papiermenge & passende Chemie)

C.1 Trockengewichte der zu bedruckenden Blätter

Hierzu wurden Durchschnittswerte aus je zwei Messungen bestimmt. Das Feuchtgewicht (also das Gewicht der ungetrockneten Papiere) und die Aschenmenge der Papiere sind der Vollständigkeit halber mit angegeben, auch wenn sie zur Bestimmung des Trockengewichts nicht relevant waren.

Die Trocknung bei 105 °C erfolgte über Nacht; die Veraschung am darauffolgenden Tag.

Die Reihenfolge der Papiere in der Tabelle entspricht jener der Farb-Papier-Matrix.

Papier	Tiegel-Nummer	Tiegel-Gewicht leer [g]	Tiegel-Gewicht mit A4-Blatt (Raumklima) [g]	Tiegel-Gewicht mit A4-Blatt nach Trocknen bei 105 °C [g]	Tiegel-Gewicht mit A4-Blatt nach Veraschung bei 525 °C [g]	Feucht-gewicht eines A4-Blatts [g]	Trocken-gewicht eines A4-Blatts [g]	Gewicht der Asche eines A4-Blatts [g]	Feuchte-gehalt [%]	Aschegehalt [%] bezogen auf	
										Feucht-gewicht	Trocken-gewicht
IGEPA maxiscript 120 g/m ²	#5	26,839	34,280	33,828	29,042	7,441	6,989	2,202	6,07%	29,60%	31,51%
	#6	27,364	34,722	34,292	29,553	7,358	6,928	2,189	5,84%	29,75%	31,60%
	Durchschnittswerte:					7,399	6,958	2,196	5,96%	29,68%	31,56%
Portucel Navigator 120 g/m ²	#1	27,669	35,162	34,768	29,360	7,481	7,088	1,692	5,25%	22,62%	23,87%
	#2	27,270	34,796	34,403	28,956	7,513	7,121	1,686	5,23%	22,44%	23,68%
	Durchschnittswerte:					7,497	7,104	1,689	5,24%	22,53%	23,78%
Mondi DNS Color Print 120 g/m ²	#3	27,434	34,900	34,457	28,930	7,466	7,024	1,496	5,93%	20,04%	21,30%
	#4	27,506	34,980	34,532	29,006	7,474	7,026	1,500	5,99%	20,07%	21,35%
	Durchschnittswerte:					7,470	7,025	1,498	5,96%	20,06%	21,33%
April Asia PaperOne Digital 100 g/m ²	#7	27,314	33,707	33,384	28,825	6,394	6,070	1,511	5,06%	23,63%	24,89%
	#8	28,334	34,865	34,532	29,898	6,531	6,199	1,564	5,09%	23,95%	25,23%
	Durchschnittswerte:					6,462	6,134	1,538	5,07%	23,79%	25,06%
Metsä Modo Jet Plus 100 g/m ²	#17	27,696	33,810	33,469	29,003	6,114	5,773	1,307	5,58%	21,37%	22,64%
	#18	27,656	33,790	33,444	29,006	6,135	5,789	1,350	5,64%	22,00%	23,32%
	Durchschnittswerte:					6,124	5,781	1,328	5,61%	21,69%	22,98%
Mohawk Loop Eco White Vellum 118 g/m ²	#9	32,338	39,876	39,455	34,000	7,538	7,117	1,663	5,58%	22,06%	23,36%
	#10	32,406	39,901	39,474	34,050	7,495	7,069	1,644	5,69%	21,94%	23,26%
	Durchschnittswerte:					7,516	7,093	1,653	5,63%	22,00%	23,31%
UPM Finesse premium silk 115 g/m ²	#19	27,612	34,700	34,384	30,741	7,088	6,771	3,128	4,46%	44,14%	46,20%
	#20	26,889	33,997	33,675	30,045	7,108	6,787	3,156	4,52%	44,40%	46,50%
	Durchschnittswerte:					7,098	6,779	3,142	4,49%	44,27%	46,35%
UPM Digi Finesse premium silk 115 g/m ²	#21	26,598	33,767	33,396	29,491	7,170	6,798	2,893	5,18%	40,35%	42,56%
	#22	27,385	34,514	34,204	30,291	7,129	6,819	2,906	4,35%	40,76%	42,61%
	Durchschnittswerte:					7,149	6,809	2,899	4,76%	40,55%	42,58%
Sihl UniSolv BillArt Paper whiteback 120 g/m ²	#23	27,338	34,767	34,516	29,191	7,429	7,179	1,853	3,37%	24,94%	25,81%
	#24	31,611	39,041	38,777	33,444	7,430	7,166	1,833	3,55%	24,67%	25,58%
	Durchschnittswerte:					7,430	7,173	1,843	3,46%	24,81%	25,70%
Mitsubishi jetscript ML 116 g/m ²	#11	32,238	39,492	39,053	33,327	7,254	6,815	1,089	6,05%	15,01%	15,98%
	#12	27,677	34,869	34,424	28,778	7,192	6,746	1,100	6,19%	15,30%	16,31%
	Durchschnittswerte:					7,223	6,781	1,095	6,12%	15,15%	16,14%

Bemerkenswert ist hier vor allem der mit 3,46% überaus geringe Feuchtegehalt des *Sihl UniSolv*, der wahrscheinlich darin begründet liegt, dass die Kunststoffbeschichtung des Papiers hydrophob ist. Das Gegenstück hierzu bildet das *Mitsubishi jetscript ML*, dessen poröse Beschichtung Flüssigkeiten gut absorbieren kann und entsprechend den höchsten Feuchtegehalt besitzt – mit 6,12% liegt es dabei als einziges der untersuchten Papier über 6%. Die anderen Naturpapiere liegen zwischen 5% und 6%; die beiden gestrichenen Papiere von UPM etwas niedriger, da die Mineralien des Striches weniger hydrophil sind als Papierfasern.

Beim Aschegehalt liegen diese beiden Papiere mit über zwei Fünfteln des Trockengewichts vorn – der Strich scheint bei beiden Papieren also relativ dick zu sein. Die Kunststoffbeschichtung des *Sihl UniSolv* verdampft hingegen beim Veraschungsvorgang – was den geringen Aschegehalt von 25,70 % bezogen aufs Trockengewicht erklärt, der sogar noch unter dem des *IGEPA maxiscript* liegt. Dieses Naturpapier besteht zu knapp 1/3 aus Füllstoffen. Bei den anderen Naturpapieren sind diese nur in einem Massenbereich von 1/5 bis 1/4 des Trockengewichts vorhanden. Das *Mitsubishi jetscript ML* hingegen scheint so gut wie keine Füllstoffe zu enthalten – selbst mit seinem Strich erreicht der Aschegehalt des Papiers nur 16,14 % des Trockengewichtes – ohne diesen dürfte er bei unter 1/10 liegen.

C.2 Bestimmung der Menge an Drucken & Auffüllblättern

Dies sind die ursprünglichen Versuche, bei denen das Sihl UniSolv noch nicht ausgeschlossen wurde und entsprechend das schwerste Papier darstellt.

Berechnung der Anzahl an nötigen Drucken und Papier im Pulper (Basis *Sihl UniSolv*):

Papier	Trockengewicht eines Blattes A4 [g]	Trocken-grammatur [g]	Nötige Zahl an A3-Blättern, um 200 g ofentrockenes Papier zu erhalten	Aufrunden, um die benötigte Zahl an Drucken im Format A3 zu erhalten:	Masse an ofentrockenem Papier im Pulper [g]
Sihl UniSolv BillArt Paper whiteback 120 g/m ²	7,173	114,762	13,94	14	200,833

Auf dieser Grundlage wurden für alle Papiere 14 Drucke A3 und eine ofentrockene Papiermasse von 200,833 g im Pulper festgelegt. Die nötigen Auffüllblätter zeigt die nächste Tabelle, wobei dort die Papiere in dieser absteigend nach dem Trockengewicht geordnet sind.

Berechnung der nötigen Zahl Auffüllblätter (Basis *Sihl UniSolv*):

Papier	Trockengewicht eines Blattes A4 [g]	Trocken-grammatur [g]	Nötige Zahl an A3-Blättern, um 200,833 g ofentrockenes Papier zu erhalten	Festgelegt Zahl an Drucken im Format A3	Differenz an Blättern im Format A3	Differenz an Blättern im Format A8 (gerundet)	Masse an ofentrockenem Papier im Pulper [g]
Sihl UniSolv BillArt Paper whiteback 120 g/m ²	7,173	114,762	14,00	14	0	0	200,833
Portucel Navigator 120 g/m ²	7,104	113,664	14,14	14	0,14	4	200,688
Mohawk Loop Eco White Vellum 118 g/m ²	7,093	113,488	14,16	14	0,16	5	200,821
Mondi DNS Color Print 120 g/m ²	7,025	112,397	14,29	14	0,29	9	200,646
ICEPA maxiscript 120 g/m ²	6,958	111,334	14,43	14	0,43	14	200,924
UPM Digi Finesse premium silk 115 g/m ²	6,809	108,938	14,75	14	0,75	24	200,854
Mitsubishi jetscript ML 116 g/m ²	6,781	108,493	14,81	14	0,81	26	200,881
UPM Finesse premium silk 115 g/m ²	6,779	108,464	14,81	14	0,81	26	200,828
April Asia PaperOne Digital 100 g/m ²	6,134	98,149	16,37	14	2,37	76	200,898
Metsä Modo Jet Plus 100 g/m ²	5,781	92,493	17,37	14	3,37	108	200,883

C.3 Bestimmung der Deinking-Chemie für die Deinking-Versuche

Dies wurde, wie im Anhang der INGEDE-Methode 11 gegeben, mit 1/10 aller Mengen durchgeführt [vgl. 70, S.13]. Da die Papiermengen für die Vortests aber ungetrocknet abzuwägen sind, wurde zum Zehntel der zum Pulpen nötigen Trockenmasse noch der anfangs berechnete Feuchtegehalt hinzu gezählt.

Die Auffaserung erfolgte mit einem Handrührgerät in einem Kunststoffbehälter, analog zur Verwendungsweise des Hobart-Pulpers, wenn auch mit kürzeren Zeiten:

- Nach Hinzufügen der Deinking-Chemie (bei einem Versuch Standard-Chemie, beim anderen Minimal-Chemie) und des Wassers wurde das Gemischt etwa 1 Minute auf Stufe 1 gerührt, wohnach der Großteil der Flüssigkeit vom Papier absorbiert wurde.
- Hiernach wurde der Pulp dreimal 1 Minute auf Stufe 2 gerührt. Zwischen diesen einzelnen Phasen wurden jeweils Papierreste vom Rührer und den Gefäßwänden mit der Hand abgestriffen und in den Pulp zurück geben.

Der entstehende Pulp wurde dann wie Anhang der INGEDE-Methode 11 gegeben, 20 Minuten lang bei 45 °C im Trockenofen gelagert, ausgepresst und der pH-Wert der Flüssigkeit gemessen [vgl. 70, S.13]. Diese Messungen erfolgten mit dem *Hach HQ40d multi*, dessen Elektrode sich später als fehlerhaft herausgestellt hatte. Es entstand folgende Tabelle (die Papiere sind in der Reihenfolge der Farb-Papier-Matrix gelistet):

Papier	Zielmasse an ofentrockenem Papier im Pulper [g]	Feuchtegehalt [%]	Menge an zu verwendendem Papier (ungetrocknet) [g]	pH-Wert mit Standard-Chemie (Hach-Elektrode)	pH-Wert mit Minimal-Chemie (Hach-Elektrode)	Chemie, die im Toleranzbereich der INGEDE-Methode 11 liegt
IGEPA maxiscript 120 g/m ²	200,924	5,96%	21,290	10,89	10,00	Minimal-Chemie
Portucel Navigator 120 g/m ²	200,688	5,24%	21,120	11,77	9,18	Minimal-Chemie
Mondi DNS Color Print 120 g/m ²	200,646	5,96%	21,260	10,32	9,16	Minimal-Chemie
April Asia PaperOne Digital 100 g/m ²	200,898	5,07%	21,108	10,37	9,20	Minimal-Chemie
Metsä Modo Jet Plus 100 g/m ²	200,883	5,61%	21,215	Versuche konnten nicht durchgeführt werden, da das Messgerät zu dieser Zeit zur Überprüfung war		---
Mohawk Loop Eco white vellum 118 g/m ²	200,821	5,63%	21,213	10,81	9,92	Minimal-Chemie
UPM Finesse premium silk 115 g/m ²	200,828	4,49%	20,985	Versuche konnten nicht durchgeführt werden, da das Messgerät zu dieser Zeit zur Überprüfung war		---
UPM Digi Finesse premium silk 115 g/m ²	200,854	4,76%	21,041	Versuche konnten nicht durchgeführt werden, da das Messgerät zu dieser Zeit zur Überprüfung war		---
Sihl UniSolv BillArt Paper whiteback 120 g/m ²	200,833	3,46%	20,778	Papier war mit dem Handrührgerät nicht auffaserbar		Miminal-Chemie angenommen für einen größeren Auffaserungsversuch im Pulper
Mitsubishi jetscript ML 116 g/m ²	200,881	6,12%	21,317	10,77	9,49	Minimal-Chemie

Da diese Versuche in der Praxis erst direkt vor einem entsprechenden Deinking-Versuch durchgeführt wurden, geschah dies nur für die bereits bedruckten Papiere. Bei jenen drei Papieren, bei denen die Werte fehlen, waren die Drucke noch nicht fertiggestellt – und als diese dann Drucke nachgeholt waren, befand sich das *Hach*-Messgerät gerade in einer Routinekontrolle. Da bei dieser festgestellt wurde, dass die eingebaute Elektrode fehlerhaft war, wurden die jeweiligen Messungen nicht nachgeholt, sondern nach der Neuberechnung der Papiermengen mit dem Ersatz-Messgerät von *Extech* durchgeführt (siehe C.5).

Da das *Sihl UniSolv* nicht mit dem Handrührgerät aufgefaser werden konnte, wurde testweise ein Auffaserungsversuch mit 14 leeren Blättern A3 im Hobart-Pulper unternommen, um zu sehen, inwiefern dieser das Papier auffasern kann. Erst nach 300 Minuten entstand ein Faserbrei, der so aussah, jener aus den Vorversuchen der anderen Papiere. Aus diesem Grund wurde das *Sihl UniSolv* aus allen Deinking-Versuchen ausgeschlossen. Da hierdurch aber die Basis für die Zahl der Drucke und der Papiermenge im Pulper nicht mehr gegeben war, wurden diese Berechnungen wiederholt.

C.4 Bestimmung der Menge an Drucken & Auffüllblättern – Wiederholung nach Ausschluss des UniSolv

Nachdem das *Sihl UniSolv* von allen weiteren Versuchen ausgeschlossen wurde, rückte das *Portucel Navigator* an dessen Stelle als schwerstes Papier. Die Zahl an Drucken und Papier im Pulper wurde entsprechend neu berechnet:

Berechnung der Anzahl an nötigen Drucken und Papier im Pulper (Basis *Portucel Navigator*):

Papier	Trockengewicht eines Blattes A4 [g]	Trocken-grammatur [g]	Nötige Zahl an A3-Blättern, um 200 g ofentrockenes Papier zu erhalten	Aufrunden, um die benötigte Zahl an Drucken im Format A3 zu erhalten:	Masse an ofentrockenem Papier im Pulper [g]
Portucel Navigator 120 g/m ²	7,104	113,664	14,08	15	213,120

Diese Korrektur führte dazu, dass schlussendlich von allen Papieren 15 Drucke A3 deinkt wurden und die Papiermasse im Pulper auf 213,120 g erhöht wurde. Aus diesem Grund wurde auch die Zahl an nötigen Auffüllblättern neu berechnet – was mit Hilfe der folgenden Tabelle geschah:

Berechnung der nötigen Zahl Auffüllblätter (Basis *Portucel Navigator*):

Papier	Trockengewicht eines Blattes A4 [g]	Trocken-grammatur [g]	Nötige Zahl an A3-Blättern, um 200,833 g ofentrockenes Papier zu erhalten	Festgelegt Zahl an Drucken im Format A3	Differenz an Blättern im Format A3	Differenz an Blättern im Format A8 (gerundet)	Masse an ofentrockenem Papier im Pulper [g]
Portucel Navigator 120 g/m ²	7,104	113,664	15,00	15	0,00	0	213,120
Mohawk Loop Eco White Vellum 118 g/m ²	7,093	113,488	15,02	15	0,02	1	213,233
Mondi DNS Color Print 120 g/m ²	7,025	112,397	15,17	15	0,17	5	212,939
IGEPA maxiscript 120 g/m ²	6,958	111,334	15,31	15	0,31	10	213,101
UPM Digi Finesse premium silk 115 g/m ²	6,809	108,938	15,65	15	0,65	21	213,194
Mitsubishi jetscript ML 1284 116 g/m ²	6,781	108,493	15,71	15	0,71	23	213,171
UPM Finesse premium silk 115 g/m ²	6,779	108,464	15,72	15	0,72	23	213,115
April Asia PaperOne Digital 100 g/m ²	6,134	98,149	17,37	15	2,37	76	213,167
Metsä Modo Jet Plus 100 g/m ²	5,781	92,493	18,43	15	3,43	110	213,167

C.5 Bestimmung der Deinking-Chemie für die Deinking-Versuche – Wiederholung wegen Fehlerhaftigkeit der Hach-Messelektrode

Trotz Änderung der Papiermasse im Pulper war ursprünglich nicht angedacht, die Deinking-Chemie ein zweites Mal zu bestimmen – immerhin war es ziemlich unwahrscheinlich, dass sich dadurch jene mit Standard-Chemie gemessenen pH-Werte zurück in den vorgegebenen Toleranzbereich bewegen würden. Aus diesem Grund wurden die ersten Deinking-Versuche auch rein mit der Minimalchemie durchgeführt.

Der Ausschlag zu einer Wiederholung der Vorversuche wurde erst gegeben, nachdem das *Hach HQ40d multi* zu einer Überprüfung eingeschickt wurde und ersatzweise der *Extech ExStik II* Verwendung fand. Bei den ersten beiden damit durchgeführten Versuchen (diese sind im Anhang D entsprechend vermerkt) wurde bemerkt, dass der pH-Wert nach dem Pulpen weit geringer war als bei den vorherigen Versuchen mit den gleichen Papieren. Entsprechend wurde auf eine Fehlfunktion der beim *Hach*-Gerät verwendeten Elektrode geschlossen – was nach deren Überprüfung bestätigt wurde. Da die mit dieser gemessenen pH-Werte nun als unglaublich erachtet wurden, wurden die Vorversuche doch wiederholt – mit dem *Extech*-Messgerät.

Bei dieser Gelegenheit wurde auch das Sihl *UniSolv* nochmals untersucht – mit der ursprünglichen Masse Papier, aber einem bis dahin gekauften Pürierstab des Herstellers *Guzzini*. Dies geschah rein aus Interesse, um festzustellen inwiefern das zum Auffasern des Papiers verwendete Gerät das Ergebnis beeinflussen kann. Im Vergleich zum Handrührgerät mussten die Zeiten verändert werden, damit der Pürierstab nicht heiß lief:

- Die Zeit auf Stufe 1 (vor Zugabe des das Peroxids) wurde auf 15 Sekunden verkürzt.
- Danach wurde der Pulp 5 Mal für 15 s auf Stufe 2 zerfasert, wobei zwischen jedem Schritt der Pulp aus dem Gefäß des Pürierstabs manuell nach unten gedrückt und aus dem Bereich zwischen den Rotorblättern des Pürierstabes entfernt wurde.

Mit dieser Methode konnte das *UniSolv* erfolgreich aufgefaserter werden. Dennoch wurde dieses Papier nicht nochmals verwendet – immerhin bleibt dessen fehlende Eignung für den Hobart-Pulper ja bestehen.

Nach Neu-Durchführung der Vorversuche wurde auch die Deinking-Chemie auf neuer Grundlage ausgewählt, um die in den bis dahin durchgeführten Versuchen aufgetretenen starken Schwankungen des pH-Werts auszugleichen (siehe Anhang D). Hierzu wurde festgelegt, dass die finale Deinking-Chemie aus einer Mischung der Standard-Chemie und der Minimal-Chemie besteht. Deren Zusammensetzung wurde rechnerisch in 50-g-Schritten variiert und der resultierende pH-Wert anteilig zusammengesetzt. Es entstand folgende finale Tabelle (in der die Papiere wieder in Reihenfolge der Farb-Papier-Matrix geordnet sind):

Papier	Zielmasse an ofentrockenem Papier im Pulper [g]	Feuchtegehalt [%]	Menge an zu verwendendem Papier (ungetrocknet) [g]	pH-Wert mit Standard-Chemie (Extech-Messgerät)	pH-Wert mit Minimal-Chemie (Extech-Messgerät)	sinnvolle Mischung	theoretisch resultierender pH-Wert
IGEPA maxiscript 120 g/m ²	213,101	5,96%	22,580	9,64	8,90	300 g Standard 100 g Minimal	9,46
Portucel Navigator 120 g/m ²	213,120	5,24%	22,429	9,71	8,70	300 g Standard 100 g Minimal	9,46
Mondi DNS Color Print 120 g/m ²	212,939	5,96%	22,563	9,41	8,43	400 g Standard	9,41
April Asia PaperOne Digital 100 g/m ²	213,167	5,07%	22,397	9,45	8,16	400 g Standard	9,45
Metsä Modo Jet Plus 100 g/m ²	213,167	5,61%	22,513	9,49	8,08	400 g Standard	9,49
Mohawk Loop Eco white vellum 118 g/m ²	213,233	5,63%	22,524	9,75	8,81	300 g Standard 100 g Minimal	9,52
UPM Finesse premium silk 115 g/m ²	213,115	4,49%	22,268	9,86	9,09	200 g Standard 200 g Minimal	9,48
UPM Digi Finesse premium silk 115 g/m ²	213,194	4,76%	22,334	9,70	8,96	300 g Standard 100 g Minimal	9,52
Sihl UniSolv BillArt Paper whiteback 120 g/m ²	200,833	3,46%	20,778	9,72 [mit Pürierstab aufgefaserter]	8,61 [mit Pürierstab aufgefaserter]	300 g Standard 100 g Minimal	9,44
Mitsubishi jetscript ML 116 g/m ²	213,171	6,12%	22,622	9,62	8,53	350 g Standard 50 g Minimal	9,48

Anhang D:

Daten & Ergebnisse zu den einzelnen Deinking-Versuchen

Generell gelten hier die schon im Hauptteil der Arbeit beschriebenen Versuchsparameter, die nicht nochmals angegeben werden:

- Verwendung der mp-100-Testform im Format A3 mit 90 % Gesamtfarbdeckung (Anhang B), einseitig gedruckt
- Wasserhärte: 17,3° dH – Zone Bissingen laut [185]
- Auffaserung: 20 min im Pulper *Hobart N 50* nach INGEDE-Methode 11 [vgl. 70, S. 6]
- Flotationszelle: *Voith A*
- Flotationsdauer: 10 min

Bei den einzelnen Versuchen werden dafür jeweils folgende Werte angegeben:

- Die verwendete Papiermenge.
- Die verwendete Deinking-Chemie.
- Die pH-Werte (nach dem Pulpen, vor der Lagerung, nach der Lagerung sowie vor der Flotation). Die Versuche konnten nicht wiederholt werden, da pro Farb-Papier-Kombination nur einmal die nötige Menge Drucksache hergestellt werden konnte, und wurden daher unabhängig von den gemessenen pH-Werten beendet.
- Die Masse des Schaums.
- Die komplette Stoffdichten-Berechnung für UP, DP und Schaum (Entnahmegewichte, Trockengewichte mit und ohne Filterblatt sowie die daraus berechneten Stoffdichten und deren Mittelwerte).
- Die Aschegewichte (ohne die Massen der zugehörigen Tiegel), daraus berechnet die Aschegehalte und deren Mittelwerte, sowie aus jenen berechnet die Ausbeuten (Gesamtausbeute und Faserausbeute). Hierbei wurde die Menge des flотиerten Pulps generell auf 18000 g festgelegt, da die final in der Flotationszelle vorhandene Masse nicht mehr gewogen werden konnte.
- Die Entnahmegewichte für die Nutschenblätter und die Laborblätter – bei letzteren inklusive der nötigen Korrekturberechnungen (Trockengewichte der Laborblätter plus zugehörige Korrekturfaktoren).
- Eine kurze Beschreibung des DP-Filtrats nach Herstellung der Membranfilter.
- Die Schmutzpunktmessungen. Diese beinhalten die mittlere Partikelgröße sowie den Flächenanteil in Größenbereichen von 50–100 µm, 100–150 µm, 150–200 µm, 200–250 µm, 250–500 µm sowie 500–50000 µm – plus jeweils die entsprechenden Mittelwerte. Der hieraus berechnete Flächenanteil für alle Schmutzpunkte >50 µm und >250 µm ist ebenfalls abgegeben.
- Die Farb- & Reflexionsmessungen. Aus diesen sind hier für alle Nutschenblätter sowie für die Membranfilter der Hellbezugswert Y , die $L^*a^*b^*$ -Werte, der Tappi-Weißgrad sowie der Reflexionswert R_∞ bei einer Wellenlänge von 700 µm angegeben – jeweils mit entsprechenden Mittelwerten. Weiterhin findet sich hier die Ink Elimination, welche aus der Reflexion bei 700 µm berechnet wurde – auf vereinfachte Weise, indem für den Reflexionswert des unbedruckten Papiers $\rangle 1 \langle$ eingesetzt wurde.

Bei der Messung des pH-Wertes nach dem Pulpen, der Berechnung der Laborblätter und auch falls bei einem Versuch andere besondere Beobachtungen gemacht wurden, sind entsprechende Anmerkungen in die Daten eingefügt.

Bei kritischen Vorkommnissen (z.B. der falschen Deinking-Chemie oder einem vergessenen Messwert) ist die entsprechende Anmerkung in rot gesetzt.

Deinking-Versuch #1: Memjet auf Navigator

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde noch das Hach-Messgerät mit der ursprünglichen Elektrode verwendet, die sich später als beschädigt herausgestellt hat. Daher wurde hier auch noch die alte pH-Wert-Tabelle mit der falschen Chemie eingesetzt. Die hier gemessenen pH-Werte sind entsprechend als unglaublich zu betrachten.

Papiermenge: 15 Drucke A3

Deinking-Lösung: 400 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,17 – Überraschend niedrig...

vor der Lagerung: 8,79

nach der Lagerung: 8,62

vor der Flotation: 8,42

Masse des Schaums: 1819,7 g

Anmerkung: Die Flotation wurde bei diesem Versuch noch mit einer Stoffdichte von 0,8 % durchgeführt.

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	446,4	474,1	523,3	475,1	468,8	453,9
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	4,282	4,532	3,002	2,847	15,166	14,865
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,782	0,791	0,773	0,817	0,763	0,777
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	3,500	3,741	2,229	2,030	14,403	14,088
Stoffdichte [%]:	0,784%	0,789%	0,426%	0,427%	3,072%	3,104%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	0,787%		0,427%		3,088%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	0,495	0,450	0,130	0,138	9,722	9,593
Aschegehalt [%]:	14,143%	12,029%	5,832%	6,798%	67,500%	68,093%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	13,086%		6,315%		67,797%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	60,310%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	65,009%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	349,6	644,6	
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	316,4	

Anmerkung: Bei diesem Versuch wurde noch nicht das Gewicht des 1. Laborblattes gemessen und zur Korrektur des Entnahmegewichtes verwendet. Dies geschah erst ab dem hiernach durchgeführten Versuch.

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Noch gefärbt...

- Verwendung von Retentionsmittel (199,5 g demineralisiertes Wasser + 0,5 g Percol 1850)
- 0,5 g dieser Lösung wurden in 100 g Filtrat eingerührt.
- Die Herstellung eines Membranfilters dauerte damit etwa 15 Stunden...
- Das Filtrat war danach immer noch gefärbt (wenn auch weniger stark)...
- Alternative zu mehr Percol: Eindampfen des Filtrates im weißen Deckel einer 100-g-Salbenkruke.

Anmerkung: Bei den Farbmessungen wurde deren Farbe mit jener des mit Retentionsmittel hergestellten Membranfilters verglichen um zu festzustellen, inwiefern die Methode ein ähnliches Ergebnis bringt und ob man sie direkt für alle anderen Memjet-Drucke anwenden kann.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	30488,29	3,21	6,97	1,95	0,00	10,17	25,12	47,42	35,29
	unbeschriftete Seite	36290,25	2,65	5,02	1,88	4,84	26,34	15,71	56,44	42,05
#2	beschriftete Seite	17672,21	5,71	7,87	8,54	2,68	24,67	0,00	49,47	24,67
	unbeschriftete Seite	17693,30	4,39	5,99	6,45	4,81	18,95	0,00	40,59	18,95
Mittelwert:		25536,01	3,99	6,46	4,71	3,08	20,03	10,21	48,48	30,24

Ergebnisse der Farbmessungen:

Anmerkung: Die zwei Membranfilter, die ohne Retentionsmittel hergestellt wurden, sind in der Tabelle zum Vergleich mit enthalten, obwohl die entsprechenden Ergebnisse unglaublich sind – immerhin war auch nach der Membran das Filtrat noch gefärbt.

Weiterhin finden sich in der Tabelle neben dem einen Membranfilter, der mit Retentionsmittel hergestellt wurde, auch die Messwerte eines weißen Krukendeckels mit eingedampftem Filtrat. Dieses wurde einmal mit dem vollständigen Deckel gemessen, wodurch sich die Eindampfung etwa 5 mm unterhalb des eigentlichen Messbereiches befand. Eine zweite Messung wurde nach Abschneiden des Außenrings mit einer Schere durchgeführt – der Innenring des Deckels ließ den Abstand des eingedampften Filtrats zum Messbereich auf etwa 1 mm schrumpfen.

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _e bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	66,50	85,25	4,93	-7,99	75,99	78,73
			Messung 2	66,51	85,26	5,09	-8,00	76,00	78,84
		beschriftete Seite	Messung 1	67,13	85,57	4,32	-7,75	76,40	78,93
			Messung 2	67,45	85,73	4,13	-7,58	76,55	78,88
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	66,33	85,16	5,22	-8,10	75,94	78,94
			Messung 2	66,38	85,19	5,15	-8,05	75,92	78,88
		beschriftete Seite	Messung 1	66,97	85,49	4,25	-7,69	76,18	78,71
			Messung 2	67,30	85,66	4,07	-7,56	76,36	78,40
	Mittelwert:			66,82	85,41	4,65	-7,84	76,17	78,79
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	72,61	88,26	0,13	-4,38	78,20
Messung 2				72,85	88,38	0,24	-4,41	78,49	78,50
beschriftete Seite			Messung 1	73,39	88,63	0,31	-4,66	79,37	78,77
			Messung 2	73,32	88,60	0,29	-4,68	79,34	78,72
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	72,50	88,21	0,18	-4,65	78,43	78,08
			Messung 2	72,74	88,32	0,23	-4,54	78,53	78,42
		beschriftete Seite	Messung 1	73,28	88,58	0,23	-4,68	79,27	78,89
			Messung 2	73,23	88,56	0,27	-4,73	79,32	78,82
Mittelwert:			72,99	88,44	0,24	-4,59	78,87	78,55	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								-2,602%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel (Filtrat noch gefärbt!)	#1	92,81	97,15	2,11	-0,56	93,58	96,73	
		#2	92,93	97,20	2,03	-0,81	94,01	96,54	
		Mittelwert:	92,87	97,18	2,07	-0,69	93,80	96,64	
	mit Retentionsmittel (Filtrat noch gefärbt!)		51,75	77,13	5,20	-7,83	59,76	70,52	
	Krukendeckel (mit Außenrand)		32,00	63,34	7,11	5,48	28,26	52,02	
	Krukendeckel (nur mit Innenrand)		48,66	75,24	7,54	6,15	43,13	77,62	

Anmerkung: Wie an den Ergebnissen bemerkt werden kann, liegen diese in letzterem Fall nah an dem unter Zuhilfenahme von Retentionsmittel hergestellten Membranfilter – wobei das Filtrat auch bei jenem noch gefärbt war. Beim Krukendeckel mit Außenrand führt der hohe Abstand zur Messeinheit dazu, dass weniger Licht in diese zurück gelangt und somit geringere Reflexionswerte gemessen werden.

Aus diesem Grund werden nur jene Messwerte für glaubwürdig erklärt, die beim Krukendeckel mit entferntem Außenrand und zurück gebliebenem Innenrand gemessen wurden.

Diese Erkenntnis wird für alle anderen Memjet-Drucke übertragen, sodass dort kein Membranfilter mit Retentionsmittel mehr hergestellt werden braucht.

Deinking-Versuch #2: Riso auf Navigator

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde noch das Hach-Messgerät mit der ursprünglichen Elektrode verwendet, die sich später als beschädigt herausgestellt hat. Daher wurde hier auch noch die alte pH-Wert-Tabelle mit der falschen Chemie eingesetzt. Die hier gemessenen pH-Werte sind entsprechend als unglaubwürdig zu betrachten.

Ab diesem Versuch wurden alle Flotationen bei einer Stoffdichte von 1 % durchgeführt und das finale Entnahmegewicht zum Herstellen der Laborblätter über einen Korrekturfaktor berechnet.

Papiermenge: 15 Drucke A3

Deinking-Lösung: 400 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,26 – OK.

vor der Lagerung: 8,73

nach der Lagerung: 9,15

vor der Flotation: 8,51

Masse des Schaums: 1322,0 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	534,5	522,2	499,5	518,3	488,4	500,9
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	6,809	6,655	4,624	4,807	18,530	18,800
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,796	0,789	0,765	0,797	0,758	0,761
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	6,013	5,866	3,859	4,010	17,772	18,039
Stoffdichte [%]:	1,125%	1,123%	0,773%	0,774%	3,639%	3,601%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,124%		0,773%		3,620%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,379	1,344	0,252	0,266	12,256	12,458
Aschegehalt [%]:	22,934%	22,912%	6,530%	6,633%	68,962%	69,061%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	22,923%		6,582%		69,012%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	76,349%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	92,535%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	244,6	355,7	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	174,6	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,310	- Ist im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor:	---	103,053%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für Laborblätter [g] – final:	---	179,9	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Nicht 100 % farblos, aber noch OK.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	31998,68	30,94	33,73	35,33	24,81	114,70	194,73	434,24	309,43
	unbeschriftete Seite	37352,34	24,67	34,63	26,93	36,76	136,68	234,14	493,81	370,82
#2	beschriftete Seite	28068,75	30,59	31,67	29,86	21,95	128,98	140,03	383,08	269,01
	unbeschriftete Seite	35505,24	29,75	35,22	28,05	25,99	133,27	232,29	484,57	365,56
Mittelwert:		33231,25	28,99	33,81	30,04	27,38	128,41	200,30	448,93	328,71

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP #1	unbeschriftete Seite	Messung 1	44,64	72,65	-2,28	-1,11	45,86	45,55	
		Messung 2	45,12	72,97	-2,21	-1,13	46,35	46,08	
		beschriftete Seite	Messung 1	45,72	73,36	-2,18	-0,99	46,81	46,51
			Messung 2	45,79	73,41	-2,18	-0,97	46,87	46,55
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	44,43	72,51	-2,08	-1,13	45,63	45,43
			Messung 2	44,60	72,63	-2,15	-1,02	45,72	45,52
		beschriftete Seite	Messung 1	45,52	73,23	-2,19	-0,98	46,61	46,27
			Messung 2	45,51	73,22	-2,15	-1,02	46,62	46,21
	Mittelwert:		45,17	73,00	-2,18	-1,04	46,31	46,02	
DP #1	unbeschriftete Seite	Messung 1	62,00	82,91	-1,92	-0,31	62,57	62,93	
		Messung 2	62,22	83,03	-1,68	-0,35	62,80	63,30	
		beschriftete Seite	Messung 1	61,11	82,44	-1,65	-0,31	61,65	62,10
			Messung 2	60,70	82,22	-1,64	-0,38	61,31	61,71
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	62,54	83,20	-1,56	-0,48	63,25	63,57
			Messung 2	62,62	83,24	-1,64	-0,34	63,19	63,69
		beschriftete Seite	Messung 1	60,60	82,17	-1,64	-0,36	61,18	61,65
			Messung 2	61,26	82,52	-1,65	-0,34	61,81	62,25
	Mittelwert:		61,63	82,72	-1,67	-0,36	62,22	62,65	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								64,843%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	94,47	97,82	0,12	0,88	93,10	95,62	
		#2	94,64	97,89	0,15	0,85	93,30	0,00	
	Mittelwert:		94,56	97,86	0,14	0,87	93,20	47,81	

Deinking-Versuch #3: Riso auf DNS Color Print

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde noch das Hach-Messgerät mit der ursprünglichen Elektrode verwendet, die sich später als beschädigt herausgestellt hat. Daher wurde hier auch noch die alte pH-Wert-Tabelle mit der falschen Chemie eingesetzt. Die hier gemessenen pH-Werte sind entsprechend als unglaubwürdig zu betrachten.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 5 unbedruckte Blätter A8

Deinking-Lösung: 400 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 8,86 – Warum so wenig? Muss dennoch verwendet werden
 vor der Lagerung: *VERGESSEN, dürfte aber zwischen 8,86 und 8,82 liegen*
 nach der Lagerung: 8,82
 vor der Flotation: 8,58

Masse des Schaums: 1447,1 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	489,1	488,6	541,4	520,5	479,3	491,3
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	6,016	5,982	5,249	5,058	14,049	14,367
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,773	0,762	0,789	0,796	0,793	0,791
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,243	5,220	4,460	4,262	13,256	13,576
Stoffdichte [%]:	1,072%	1,068%	0,824%	0,819%	2,766%	2,763%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,070%		0,821%		2,764%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,100	1,094	0,430	0,408	8,215	8,408
Aschegehalt [%]:	20,980%	20,958%	9,641%	9,573%	61,972%	61,933%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	20,969%		9,607%		61,952%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	79,232%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	90,623%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	257,0	334,8	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	164,4	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,303	- Gerade noch im Soll!
Korrekturfaktor:	---	103,607%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für Laborblätter [g] – final:	---	170,3	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Farbe & Klarheit OK.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	11378,40	18,68	14,18	13,38	1,81	11,32	19,82	79,19	31,14
	unbeschriftete Seite	17280,30	16,86	13,17	5,89	15,68	42,58	16,69	110,87	59,27
#2	beschriftete Seite	14970,68	18,50	9,16	9,20	15,05	30,77	12,79	95,47	43,56
	unbeschriftete Seite	16903,82	16,38	16,51	8,78	4,39	48,33	17,35	111,74	65,68
Mittelwert:		15133,30	17,61	13,26	9,31	9,23	33,25	16,66	99,32	49,91

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _∞ bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	45,30	73,09	-1,45	-1,61	47,01	46,97
			Messung 2	44,19	72,36	-1,46	-1,64	45,88	45,80
		beschriftete Seite	Messung 1	46,73	74,02	-1,49	-1,36	48,20	48,07
			Messung 2	46,32	73,75	-1,54	-1,32	47,76	47,67
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	44,46	72,54	-1,48	-1,67	46,18	46,06
			Messung 2	44,21	72,37	-1,54	-1,58	45,86	45,88
		beschriftete Seite	Messung 1	45,22	73,04	-1,54	-1,50	46,80	46,58
			Messung 2	45,61	73,29	-1,58	-1,41	47,10	46,98
	Mittelwert:			45,26	73,06	-1,51	-1,51	46,85	46,75
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	55,25	79,19	-1,42	-1,00	56,48
Messung 2				54,58	78,80	-1,48	-0,93	55,79	56,06
beschriftete Seite			Messung 1	55,77	79,48	-1,48	-0,76	56,76	57,04
			Messung 2	56,79	80,06	-1,43	-0,75	57,79	58,07
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	54,64	78,84	-1,43	-1,03	55,92	56,15
			Messung 2	54,81	78,93	-1,46	-0,96	56,00	56,31
		beschriftete Seite	Messung 1	54,97	79,02	-1,46	-0,90	56,12	56,36
			Messung 2	54,48	78,74	-1,55	-0,89	55,61	55,79
Mittelwert:			55,16	79,13	-1,46	-0,90	56,31	56,56	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung: 44,976%									
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	94,66	97,90	0,10	0,88	93,30	95,73	
		#2	94,87	97,98	0,08	0,91	93,44	95,84	
	Mittelwert:		94,77	97,94	0,09	0,90	93,37	95,79	

Deinking-Versuch #4: Riso auf PaperOne Digital

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde noch das Hach-Messgerät mit der ursprünglichen Elektrode verwendet, die sich später als beschädigt herausgestellt hat. Daher wurde hier auch noch die alte pH-Wert-Tabelle mit der falschen Chemie eingesetzt. Die hier gemessenen pH-Werte sind entsprechend als unglaublich zu betrachten.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 76 unbedruckte Blätter A8 (= 5 unbedruckte Blätter A4 – 1 Blatt A6)

Deinking-Lösung: 400 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 8,85 – Schon wieder so niedrig...
 vor der Lagerung: 8,80
 nach der Lagerung: 8,79
 vor der Flotation: 8,56

Masse des Schaums: 1414,4 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	498,9	477,0	485,6	495,8	505,6	501,3
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	6,445	6,267	4,633	4,762	15,890	15,757
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,785	0,813	0,763	0,797	0,802	0,803
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,660	5,454	3,870	3,965	15,088	14,954
Stoffdichte [%]:	1,134%	1,143%	0,797%	0,800%	2,984%	2,983%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,139%		0,798%		2,984%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,389	1,336	0,448	0,459	10,098	10,006
Aschegehalt [%]:	24,541%	24,496%	11,576%	11,576%	66,927%	66,912%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	24,518%		11,576%		66,920%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	79,416%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	93,032%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	241,5	344,5	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	169,1	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,266	- Außerhalb des Solls...
Korrekturfaktor:	---	106,635%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	180,3	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,346	- Jetzt im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	100,297%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	180,9	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Auf jeden Fall klar & farblos.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	16569,80	23,80	32,37	19,82	12,06	37,91	33,83	159,79	71,74
	unbeschriftete Seite	24232,46	18,43	23,94	18,92	8,01	53,13	72,61	195,04	125,74
#2	beschriftete Seite	15535,10	25,29	26,93	20,80	12,82	29,37	40,63	155,84	70,00
	unbeschriftete Seite	18260,53	25,85	28,36	17,73	14,32	57,14	44,04	187,44	101,18
Mittelwert:		18649,47	23,34	27,90	19,32	11,80	44,39	47,78	174,53	92,17

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	47,00	74,19	-1,23	-1,36	48,45	48,72
			Messung 2	47,21	74,33	-1,24	-1,32	48,64	48,89
		beschriftete Seite	Messung 1	48,42	75,09	-1,26	-1,24	49,79	49,94
			Messung 2	48,10	74,88	-1,31	-1,22	49,43	49,59
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	46,74	74,03	-1,24	-1,36	48,18	48,50
			Messung 2	46,23	73,70	-1,30	-1,32	47,66	47,98
		beschriftete Seite	Messung 1	48,22	74,96	-1,26	-1,23	49,57	49,73
			Messung 2	48,07	74,87	-1,36	-1,15	49,35	49,51
	Mittelwert:			47,50	74,51	-1,28	-1,28	48,88	49,11
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	57,50	80,46	-1,32	-0,73	58,48
Messung 2				57,31	80,35	-1,34	-0,72	58,28	58,81
beschriftete Seite			Messung 1	57,99	80,73	-1,48	-0,64	58,88	59,32
			Messung 2	59,09	81,34	-1,41	-0,58	59,90	60,36
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	57,32	80,36	-1,40	-0,74	58,31	58,79
			Messung 2	57,59	80,51	-1,39	-0,65	58,50	59,09
		beschriftete Seite	Messung 1	59,13	81,36	-1,52	-0,43	59,81	60,33
			Messung 2	58,72	81,14	-1,52	-0,41	59,36	59,91
Mittelwert:			58,08	80,78	-1,42	-0,61	58,94	59,46	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:									47,576%
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	93,98	97,63	0,28	0,77	92,82	95,71	
		#2	94,25	97,73	0,24	0,67	93,18	95,83	
	Mittelwert:		94,12	97,68	0,26	0,72	93,00	95,77	

Deinking-Versuch #5: Memjet auf PaperOne Digital

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde noch das Hach-Messgerät mit der ursprünglichen Elektrode verwendet, die sich später als beschädigt herausgestellt hat. Daher wurde hier auch noch die alte pH-Wert-Tabelle mit der falschen Chemie eingesetzt. Die hier gemessenen pH-Werte sind entsprechend als unglaublich zu betrachten.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 76 unbedruckte Blätter A8 (= 5 unbedruckte Blätter A4 – 1 Blatt A6)

Deinking-Lösung: 400 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 8,92 – *Knapp unterm Soll...*
 vor der Lagerung: 8,67
 nach der Lagerung: 8,57
 vor der Flotation: 8,50

Masse des Schaums: 2139,5 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	510,5	517,3	500,1	513,5	502,9	506,5
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,918	5,933	4,513	4,647	13,747	13,636
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,778	0,775	0,761	0,768	0,782	0,804
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,140	5,158	3,752	3,879	12,965	12,832
Stoffdichte [%]:	1,007%	0,997%	0,750%	0,755%	2,578%	2,533%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,002%		0,753%		2,556%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,269	1,276	0,284	0,296	8,556	8,428
Aschegehalt [%]:	24,689%	24,738%	7,569%	7,631%	65,993%	65,680%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	24,713%		7,600%		65,836%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	69,682%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	85,521%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	274,5	365,3	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	179,3	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,303	- Gerade noch im Soll!
Korrekturfaktor:	---	103,607%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für Laborblätter [g] – final:	---	185,8	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Natürlich noch farbig...

- Daher wurde eine Filtrat-Eindampfung im weißen Deckel einer 100-g-Salbenkruke durchgeführt.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	74583,45	1,39	1,95	1,22	0,00	13,87	30,87	49,30	44,74
	unbeschriftete Seite	110766,25	0,73	1,36	0,00	3,55	4,36	45,99	55,99	50,35
#2	beschriftete Seite	15116,07	2,02	2,26	0,70	1,46	7,07	0,00	13,51	7,07
	unbeschriftete Seite	36588,94	1,08	0,91	0,84	0,00	6,45	7,80	17,08	14,25
Mittelwert:		59263,68	1,31	1,62	0,69	1,25	7,94	21,17	33,97	29,10

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	69,69	86,84	4,62	-6,94	78,15	80,62
			Messung 2	69,61	86,80	4,60	-6,94	78,09	80,55
		beschriftete Seite	Messung 1	70,93	87,45	4,03	-6,33	78,76	81,09
			Messung 2	70,79	87,38	4,16	-6,56	78,88	81,13
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	70,25	87,12	4,36	-6,78	78,58	80,85
			Messung 2	69,91	86,95	4,48	-6,86	78,32	80,75
		beschriftete Seite	Messung 1	71,07	87,52	4,14	-6,48	79,08	81,52
			Messung 2	70,76	87,37	4,23	-6,61	78,93	81,45
	Mittelwert:			70,38	87,18	4,33	-6,69	78,60	81,00
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	76,28	89,99	0,76	-3,36	80,73
Messung 2				76,26	89,98	0,80	-3,42	80,79	81,33
beschriftete Seite			Messung 1	77,48	90,54	0,74	-2,92	81,40	82,19
			Messung 2	77,33	90,47	0,72	-2,98	81,34	82,16
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	76,31	90,00	0,89	-3,39	80,77	81,31
			Messung 2	76,35	90,02	0,92	-3,46	80,89	81,33
		beschriftete Seite	Messung 1	77,35	90,48	0,89	-3,13	81,51	82,33
			Messung 2	77,15	90,39	0,90	-3,14	81,36	82,18
Mittelwert:			76,81	90,23	0,83	-3,23	81,10	81,77	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								8,806%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel (Filtrat noch gefärbt!)	#1	93,61	97,47	2,28	-0,72	94,59	97,08	
		#2	93,52	97,44	2,22	-0,66	94,42	97,01	
	Mittelwert:		93,57	97,46	2,25	-0,69	94,51	97,05	
	Krukendeckel (mit Außenrand)		25,89	57,93	-1,47	6,72	22,22	41,85	
	Krukendeckel (nur mit Innenrand)		39,62	69,20	-2,05	7,88	33,92	63,39	

Deinking-Versuch #6: Memjet auf DNS Color Print

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde noch das Hach-Messgerät mit der ursprünglichen Elektrode verwendet, die sich später als beschädigt herausgestellt hat. Daher wurde hier auch noch die alte pH-Wert-Tabelle mit der falschen Chemie eingesetzt. Die hier gemessenen pH-Werte sind entsprechend als unglaublich zu betrachten.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 5 unbedruckte Blätter A8

Deinking-Lösung: 400 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 8,62 – *Wieder so wenig...*

vor der Lagerung: 8,61

nach der Lagerung: 8,54

vor der Flotation: 8,46

Masse des Schaums: 2234,8 g

Memjet auf DNS Color Print	UP	v1	#24	31,608	32,672	1,064
		v2	#23	27,335	28,410	1,075
	DP	v1	#22	27,383	27,642	0,259
		v2	#21	26,595	26,860	0,265
	Schaum	v1	#20	26,887	33,648	6,761
		v2	#19	27,604	34,383	6,779

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	479,4	482,4	524,7	533,7	499,0	498,7
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,799	5,871	4,705	4,774	13,344	13,303
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,777	0,788	0,790	0,793	0,791	0,783
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,022	5,083	3,915	3,981	12,553	12,520
Stoffdichte [%]:	1,048%	1,054%	0,746%	0,746%	2,516%	2,511%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,051%		0,746%		2,513%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,064	1,075	0,259	0,265	6,761	6,779
Aschegehalt [%]:	21,187%	21,149%	6,616%	6,657%	53,860%	54,145%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	21,168%		6,636%		54,003%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	70,302%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	83,262%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	261,7	368,6	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	181,0	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,351	- Sehr gut im Soll!
Korrekturfaktor:	---	99,926%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für Laborblätter [g] – final:	---	180,8	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Natürlich wieder farbig...

- Daher wurde eine Filtrat-Eindampfung im weißen Deckel einer 100-g-Salbenkruke durchgeführt.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm			
#1	beschriftete Seite	29625,84	1,22	2,58	1,01	0,00	13,62	0,00	18,43	13,62	
	unbeschriftete Seite	16943,60	0,45	2,47	2,09	0,00	2,23	0,00	7,24	2,23	
#2	beschriftete Seite	59923,72	0,49	0,38	0,00	1,60	16,17	0,00	18,64	16,17	
	unbeschriftete Seite	40501,71	0,28	0,66	0,00	0,00	6,93	0,00	7,87	6,93	
Mittelwert:		36748,72	0,61	1,52	0,78	0,40	9,74	0,00	13,05	9,74	

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	69,15	86,58	5,36	-7,66	78,46	79,54
			Messung 2	69,11	86,56	5,36	-7,70	78,48	79,54
		beschriftete Seite	Messung 1	69,78	86,89	4,93	-7,44	78,87	79,73
			Messung 2	69,81	86,90	4,89	-7,37	78,83	79,73
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	69,44	86,72	5,14	-7,53	78,65	79,81
			Messung 2	69,46	86,73	5,09	-7,53	78,67	79,80
		beschriftete Seite	Messung 1	70,03	87,01	4,94	-7,49	79,22	80,19
			Messung 2	69,97	86,98	4,93	-7,46	79,12	80,15
	Mittelwert:			69,59	86,80	5,08	-7,52	78,79	79,81
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	76,11	89,91	1,61	-4,11	81,45
Messung 2				76,16	89,94	1,52	-4,00	81,39	81,25
beschriftete Seite			Messung 1	76,66	90,16	1,43	-3,67	81,50	81,52
			Messung 2	76,64	90,15	1,40	-3,65	81,44	81,47
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	76,26	89,98	1,56	-4,06	81,57	81,40
			Messung 2	76,40	90,04	1,45	-3,89	81,50	81,34
		beschriftete Seite	Messung 1	76,86	90,26	1,39	-3,67	81,69	81,67
			Messung 2	76,77	90,21	1,48	-3,80	81,76	81,74
Mittelwert:			76,48	90,08	1,48	-3,86	81,54	81,46	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								17,361%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel (Filtrat noch gefärbt!)	#1	91,52	96,62	3,56	-0,82	92,62	96,99	
		#2	92,68	97,10	2,77	-1,00	94,05	97,05	
		Mittelwert:	92,10	96,86	3,17	-0,91	93,34	97,02	
	Krukendeckel (mit Außenrand)		27,58	59,51	0,78	7,87	22,99	49,30	
	Krukendeckel (nur mit Innenrand)		41,54	70,55	1,11	8,24	35,17	73,98	

Deinking-Versuch #7: Riso auf maxiscript

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde noch das Hach-Messgerät mit der ursprünglichen Elektrode verwendet, die sich später als beschädigt herausgestellt hat. Daher wurde hier auch noch die alte pH-Wert-Tabelle mit der falschen Chemie eingesetzt. Die hier gemessenen pH-Werte sind entsprechend als unglaubwürdig zu betrachten.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 10 unbedruckte Blätter A8 (= 5 unbedruckte Blätter A7)

Deinking-Lösung: 400 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,70 – Schon relativ hoch...

vor der Lagerung: 8,94

nach der Lagerung: 8,89

vor der Flotation: 8,54

Masse des Schaums: 981,9 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	494,1	489,9	505,3	496,5	400,5	404,3
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,976	5,873	5,184	5,078	10,643	10,756
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,776	0,774	0,781	0,752	0,797	0,786
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,200	5,099	4,403	4,326	9,846	9,970
Stoffdichte [%]:	1,052%	1,041%	0,871%	0,871%	2,458%	2,466%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,047%		0,871%		2,462%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,632	1,589	1,109	1,085	7,009	7,123
Aschegehalt [%]:	31,385%	31,163%	25,187%	25,081%	71,186%	71,444%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	31,274%		25,134%		71,315%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	87,167%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	94,954%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	262,8	315,6	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	154,9	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,045	- Viel zu niedrig!
Korrekturfaktor:	---	129,187%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	200,2	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,347	- Jetzt gut im Soll.
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	100,223%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	200,6	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Sehr leichter Rotton, aber farblos genug.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	11515,76	14,88	19,44	11,99	9,34	13,76	0,00	69,41	13,76
	unbeschriftete Seite	10689,89	15,89	18,85	9,44	12,58	8,50	0,00	65,26	8,50
#2	beschriftete Seite	10888,12	19,89	10,91	13,55	4,60	10,24	13,62	72,81	23,86
	unbeschriftete Seite	10591,08	20,24	17,63	10,10	1,25	14,25	11,88	75,35	26,13
Mittelwert:		10921,21	17,73	16,71	11,27	6,94	11,69	6,38	70,71	18,06

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	47,92	74,78	-3,15	-1,23	49,21	47,57
			Messung 2	48,49	75,13	-3,19	-1,12	49,71	48,18
		beschriftete Seite	Messung 1	44,73	72,71	-3,40	-1,06	45,84	44,11
			Messung 2	44,64	72,65	-3,42	-1,08	45,76	43,97
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	48,24	74,97	-3,21	-1,14	49,47	47,90
			Messung 2	48,44	75,10	-3,23	-1,10	49,64	48,13
		beschriftete Seite	Messung 1	44,51	72,57	-3,56	-1,07	45,61	43,69
			Messung 2	44,32	72,44	-3,54	-1,22	45,55	43,46
	Mittelwert:			46,41	73,79	-3,34	-1,13	47,60	45,88
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	53,97	78,45	-3,16	-1,24	55,37
Messung 2				53,86	78,38	-3,18	-1,28	55,31	53,60
beschriftete Seite			Messung 1	53,02	77,89	-3,21	-1,20	54,38	52,65
			Messung 2	52,45	77,55	-3,31	-1,24	53,83	51,96
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	53,99	78,46	-3,19	-1,37	55,51	53,70
			Messung 2	53,92	78,42	-3,21	-1,32	55,41	53,58
		beschriftete Seite	Messung 1	52,07	77,32	-3,26	-1,26	53,44	51,56
			Messung 2	51,96	77,26	-3,32	-1,26	53,34	51,44
Mittelwert:			53,16	77,97	-3,23	-1,27	54,57	52,78	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:									33,850%
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	64,78	84,37	-6,36	-0,12	65,19	62,39	
		#2	65,03	84,50	-6,42	0,05	65,27	62,61	
	Mittelwert:		64,91	84,44	-6,39	-0,04	65,23	62,50	

Deinking-Versuch #8: Memjet auf maxiscript

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde noch das Hach-Messgerät mit der ursprünglichen Elektrode verwendet, die sich später als beschädigt herausgestellt hat. Daher wurde hier auch noch die alte pH-Wert-Tabelle mit der falschen Chemie eingesetzt. Die hier gemessenen pH-Werte sind entsprechend als unglaubwürdig zu betrachten.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 10 unbedruckte Blätter A8 (= 5 unbedruckte Blätter A7)

Deinking-Lösung: 400 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,61 – *Sehr schön!*
 vor der Lagerung: 8,91
 nach der Lagerung: 8,74
 vor der Flotation: 8,44

Masse des Schaums: 1571,7 g

Stoffdichten-Berechnung:	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	487,5	484,4	521,5	497,0	511,9	497,7
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,692	5,714	5,140	4,947	11,396	11,044
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,774	0,812	0,812	0,793	0,765	0,764
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	4,918	4,902	4,328	4,154	10,631	10,280
Stoffdichte [%]:	1,009%	1,012%	0,830%	0,836%	2,077%	2,066%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,010%		0,833%		2,071%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u> <i>- UP v2 wurde als Ausreißer gestrichen</i>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,550	2,048	1,103	1,059	6,381	6,141
Aschegehalt [%]:	31,517%	41,779%	25,485%	25,494%	60,023%	59,737%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	31,517%		25,489%		59,880%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	82,102%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	89,328%					

Entnahmegewichte:	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	272,2	330,2	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	162,1	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	0,920	- Viel zu niedrig!
Korrekturfaktor:	---	146,739%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	237,9	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,502	- Jetzt zu hoch...
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	89,880%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 3. Laborblatt [g]:	---	213,8	
Trockengewicht des 3. Laborblatts [g]:	---	1,448	- Noch immer zu hoch...
Korrekturfaktor für das 3. Laborblatt:	---	93,232%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 4. Laborblatt [g]:	---	199,3	
Trockengewicht des 4. Laborblatts [g]:	---	1,316	- Endlich im Soll!
Korrekturfaktor für das 4. Laborblatt:	---	102,584%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	204,5	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat ist farbig – dafür aber auch die Membranfilter!

- Zum Vergleich wurde dennoch ein Filtrat im weißen Deckel einer 100-g-Salbenkruke eingedampft.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	30316,55	1,25	1,46	0,87	1,36	16,27	0,00	21,21	16,27
	unbeschriftete Seite	28001,74	1,53	1,08	0,87	3,41	6,38	8,50	21,77	14,88
#2	beschriftete Seite	23689,47	0,94	1,53	4,63	0,00	7,63	0,00	14,73	7,63
	unbeschriftete Seite	16532,22	1,22	3,17	3,21	0,00	5,26	0,00	12,86	5,26
Mittelwert:		24635,00	1,24	1,81	2,40	1,19	8,89	2,13	17,64	11,01

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	64,08	84,01	4,65	-8,03	73,31	78,18
			Messung 2	64,05	83,99	4,66	-8,01	73,26	78,20
		beschriftete Seite	Messung 1	64,69	84,32	4,01	-7,87	73,79	78,30
			Messung 2	64,39	84,17	4,15	-8,01	73,63	78,18
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	64,06	84,00	4,77	-8,16	73,42	78,44
			Messung 2	64,05	83,99	4,72	-8,07	73,33	78,52
		beschriftete Seite	Messung 1	64,51	84,23	4,17	-8,06	73,81	78,43
			Messung 2	64,26	84,10	4,27	-8,12	73,61	78,27
	Mittelwert:			64,26	84,10	4,43	-8,04	73,52	78,32
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	64,99	84,48	3,39	-7,68	73,92
Messung 2				65,08	84,53	3,37	-7,65	73,99	78,35
beschriftete Seite			Messung 1	65,31	84,64	3,12	-7,68	74,25	78,40
			Messung 2	65,26	84,62	3,09	-7,55	74,11	78,38
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	65,13	84,55	3,40	-7,61	74,03	78,78
			Messung 2	65,31	84,65	3,39	-7,64	74,24	78,89
		beschriftete Seite	Messung 1	64,88	84,42	3,26	-8,04	74,22	78,58
			Messung 2	65,31	84,64	3,20	-7,74	74,34	0,00
Mittelwert:			65,16	84,57	3,28	-7,70	74,14	68,71	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								-137,381%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel (Filtrat noch gefärbt!)	#1	72,76	88,33	4,25	-8,39	83,28	87,94	
		#2	73,08	88,49	4,45	-8,43	83,70	88,56	
	Mittelwert:		72,92	88,41	4,35	-8,41	83,49	88,25	
	Krukendeckel (mit Außenrand)		37,45	67,61	3,76	1,81	36,19	48,83	
	Krukendeckel (nur mit Innenrand)		53,44	78,13	3,65	2,90	50,93	70,63	

Deinking-Versuch #9: Riso auf jetscript ML

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde noch das Hach-Messgerät mit der ursprünglichen Elektrode verwendet, die sich später als beschädigt herausgestellt hat. Daher wurde hier auch noch die alte pH-Wert-Tabelle mit der falschen Chemie eingesetzt. Die hier gemessenen pH-Werte sind entsprechend als unglaublich zu betrachten.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 23 unbedruckte Blätter A8 (= 3 unbedruckte Blätter A5 – 1 Blatt A8)

Deinking-Lösung: 400 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 8,74 – Schon wieder zu niedrig...
 vor der Lagerung: 8,55
 nach der Lagerung: 8,52
 vor der Flotation: 8,47

Masse des Schaums: 2549,4 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	477,6	483,8	513,3	518,2	516,7	524,5
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,986	6,059	4,758	4,657	11,686	11,863
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,798	0,775	0,813	0,778	0,793	0,763
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,188	5,284	3,945	3,879	10,893	11,100
Stoffdichte [%]:	1,086%	1,092%	0,769%	0,749%	2,108%	2,116%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,089%		0,759%		2,112%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	0,870	0,881	0,102	0,103	5,852	5,966
Aschegehalt [%]:	16,769%	16,673%	2,586%	2,655%	53,723%	53,748%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	16,721%		2,620%		53,735%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	72,534%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	84,816%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	252,5	362,5	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	178,0	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,327	- Ist im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor:	---	101,733%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	181,1	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: So farblos wie bislang keines!

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	17636,00	2,47	1,11	0,00	0,00	11,50	0,00	15,08	11,50
	unbeschriftete Seite	36053,06	1,25	1,92	2,33	1,78	16,55	0,00	23,83	16,55
#2	beschriftete Seite	27541,92	1,05	1,53	1,15	4,39	12,23	0,00	20,35	12,23
	unbeschriftete Seite	40602,52	1,29	0,66	0,73	3,48	4,70	14,39	25,25	19,09
Mittelwert:		30458,38	1,52	1,31	1,05	2,41	11,25	3,60	21,13	14,84

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	56,58	80,10	-3,45	2,89	54,08	56,45
			Messung 2	56,97	80,16	-3,43	2,91	54,18	56,62
		beschriftete Seite	Messung 1	57,58	80,51	-3,26	2,75	54,89	57,21
			Messung 2	57,37	80,39	-3,34	2,75	54,69	56,94
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	57,27	80,33	-3,57	2,77	54,62	56,78
			Messung 2	56,92	80,13	-3,63	2,83	54,22	56,48
		beschriftete Seite	Messung 1	57,31	80,36	-3,33	2,80	54,60	56,95
			Messung 2	57,04	80,20	-3,37	2,83	54,32	56,64
		Mittelwert:		57,13	80,27	-3,42	2,82	54,45	56,76
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	76,21	89,96	-1,54	2,87	72,80	77,53
			Messung 2	76,12	89,91	-1,53	2,83	72,76	77,40
		beschriftete Seite	Messung 1	76,87	90,26	-1,44	2,79	73,51	78,18
			Messung 2	76,77	90,22	-1,51	2,86	73,34	78,02
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	76,30	90,00	-1,51	2,84	72,91	77,65
			Messung 2	76,20	89,95	-1,58	2,89	72,77	77,49
		beschriftete Seite	Messung 1	76,91	90,28	-1,50	2,81	73,54	78,12
			Messung 2	76,71	90,19	-1,48	2,76	73,40	77,96
		Mittelwert:		76,51	90,10	-1,51	2,83	73,13	77,79
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								80,758%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	95,93	98,40	-0,14	0,91	94,49	96,80	
		#2	96,34	98,57	-0,11	0,88	94,95	97,07	
	Mittelwert:		96,14	98,49	-0,13	0,90	94,72	96,94	

Deinking-Versuch #10: Memjet auf jetscript ML

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde noch das Hach-Messgerät mit der ursprünglichen Elektrode verwendet, die sich später als beschädigt herausgestellt hat. Daher wurde hier auch noch die alte pH-Wert-Tabelle mit der falschen Chemie eingesetzt. Die hier gemessenen pH-Werte sind entsprechend als unglaublich zu betrachten.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 23 unbedruckte Blätter A8 (= 3 unbedruckte Blätter A5 – 1 Blatt A8)

Deinking-Lösung: 400 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 8,88 – *Wieder zu niedrig, aber näher dran als zuvor*

vor der Lagerung: 8,66

nach der Lagerung: 8,54

vor der Flotation: *VERGESSEN, sollte wie bei Versuch #9 um 8,5 liegen*

Masse des Schaums: zu viel für die Waage, daher wie folgt rechnen:

Entnahmegewichte (492,4 g + 505,5 g)

+ Gewicht des Restschaums inkl. Becher (3312,5g)

– Leergewicht des Bechers (300,0 g)

= 4010,4 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	482,4	476,1	532,5	522,3	492,4	505,5
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	6,053	5,999	5,029	4,851	8,681	8,884
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,774	0,801	0,768	0,765	0,782	0,765
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,279	5,198	4,261	4,086	7,899	8,119
Stoffdichte [%]:	1,094%	1,092%	0,800%	0,782%	1,604%	1,606%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,093%		0,791%		1,605%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	0,888	0,875	0,083	0,084	3,647	3,767
Aschegehalt [%]:	16,821%	16,833%	1,948%	2,056%	46,170%	46,397%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	16,827%		2,002%		46,284%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	67,282%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	79,275%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	251,6	347,6	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	170,6	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,376	- Ist im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor:	---	98,132%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	167,4	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat leider orange...

- Daher wurde eine Filtrat-Eindampfung im weißen Deckel einer 100-g-Salbenkruke durchgeführt.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	30121,25	0,70	1,67	1,92	0,00	10,94	0,00	15,23	10,94
	unbeschriftete Seite	28022,10	0,91	1,74	1,05	0,00	8,29	0,00	11,99	8,29
#2	beschriftete Seite	26881,67	0,70	0,35	1,05	0,00	5,23	0,00	7,33	5,23
	unbeschriftete Seite	101366,28	0,94	0,00	0,94	0,00	5,71	23,94	31,53	29,65
Mittelwert:		46597,83	0,81	0,94	1,24	0,00	7,54	5,99	16,52	13,53

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	65,01	84,49	2,32	-4,67	70,28	75,92
			Messung 2	64,89	84,43	2,30	-4,69	70,18	75,87
		beschriftete Seite	Messung 1	65,20	84,59	2,17	-4,49	70,29	75,85
			Messung 2	65,26	84,62	2,13	-4,45	70,29	75,86
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	65,40	84,69	2,49	-4,52	70,51	76,45
			Messung 2	65,46	84,72	2,45	-4,46	70,51	76,44
		beschriftete Seite	Messung 1	64,33	84,14	2,38	-4,84	69,76	75,48
			Messung 2	65,06	84,52	2,28	-4,67	70,33	75,95
	Mittelwert:			65,08	84,53	2,32	-4,60	70,27	75,98
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	79,67	91,53	0,36	-1,12	81,16
Messung 2				79,70	91,55	0,44	-1,22	81,29	86,92
beschriftete Seite			Messung 1	80,11	91,74	0,25	-1,05	81,50	86,91
			Messung 2	80,21	91,78	0,26	-1,06	81,62	86,96
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	79,88	91,63	0,40	-1,18	81,41	86,90
			Messung 2	79,90	91,64	0,41	-1,16	81,44	86,95
		beschriftete Seite	Messung 1	80,18	91,77	0,21	-0,99	81,50	86,76
			Messung 2	80,35	91,84	0,30	-1,15	81,88	87,24
Mittelwert:			80,00	91,69	0,33	-1,12	81,48	86,92	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								74,080%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel (Filtrat noch gefärbt!)	#1	95,58	98,27	1,31	-0,02	95,54	97,66	
		#2	95,67	98,30	1,51	-0,06	95,68	97,85	
	Mittelwert:		95,63	98,29	1,41	-0,04	95,61	97,76	
	Krukendeckel (mit Außenrand)		50,76	76,53	2,82	-1,40	52,23	56,76	
	Krukendeckel (nur mit Innenrand)		77,11	90,37	1,56	-0,64	78,02	82,49	

Deinking-Versuch #11: Riso auf Mohawk Loop Eco white vellum

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde noch das Hach-Messgerät mit der ursprünglichen Elektrode verwendet, die sich später als beschädigt herausgestellt hat. Daher wurde hier auch noch die alte pH-Wert-Tabelle mit der falschen Chemie eingesetzt. Die hier gemessenen pH-Werte sind entsprechend als unglaubwürdig zu betrachten.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 1 unbedrucktes Blatt A8

Deinking-Lösung: 400 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,33 – *Schön!*
 vor der Lagerung: 9,02
 nach der Lagerung: 8,82
 vor der Flotation: 8,59

Masse des Schaums: 2821,5 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	478,2	471,8	495,2	535,5	521,6	523,2
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,905	5,820	4,340	4,648	13,474	13,471
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,785	0,773	0,756	0,752	0,770	0,789
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,120	5,047	3,584	3,896	12,704	12,682
Stoffdichte [%]:	1,071%	1,070%	0,724%	0,728%	2,436%	2,424%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,070%		0,726%		2,430%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,175	1,157	0,359	0,393	5,784	5,782
Aschegehalt [%]:	22,949%	22,925%	10,017%	10,087%	45,529%	45,592%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	22,937%		10,052%		45,561%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	64,412%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	75,182%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	257,0	379,0	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	186,0	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,272	- Etwas unterm Soll...
Korrekturfaktor:	---	106,132%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	197,4	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,338	- Jetzt im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	100,897%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – <i>final</i> :	---	199,2	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Auf jeden Fall klar!

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	30881,33	9,09	9,51	10,73	4,46	59,23	39,06	132,08	98,29
	unbeschriftete Seite	27508,91	11,22	12,58	12,47	6,13	56,58	40,07	139,05	96,65
#2	beschriftete Seite	30784,68	7,70	10,21	9,44	9,90	41,71	45,54	124,50	87,25
	unbeschriftete Seite	17032,17	11,88	10,63	13,73	6,31	40,90	0,00	83,45	40,90
Mittelwert:		26551,77	9,97	10,73	11,59	6,70	49,61	31,17	119,77	80,77

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	61,29	82,53	-2,10	-0,18	61,53	60,60
			Messung 2	61,10	82,43	-2,11	-0,19	61,37	60,43
		beschriftete Seite	Messung 1	61,40	82,59	-2,14	-0,19	61,68	60,58
			Messung 2	61,47	82,63	-2,20	-0,04	61,62	60,70
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	61,39	82,59	-2,18	-0,07	61,57	60,76
			Messung 2	61,55	82,67	-2,16	-0,04	61,70	60,91
		beschriftete Seite	Messung 1	60,28	81,99	-2,29	-0,12	60,52	59,39
			Messung 2	60,98	82,37	-2,25	-0,04	61,14	60,22
		Mittelwert:		61,18	82,48	-2,18	-0,11	61,39	60,45
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	74,95	89,37	-1,97	1,08	73,79	74,51
			Messung 2	74,83	89,31	-1,97	1,03	73,71	74,40
		beschriftete Seite	Messung 1	75,29	89,53	-1,99	1,23	73,96	74,89
			Messung 2	75,06	89,42	-1,96	1,15	73,81	74,64
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	74,69	89,25	-2,03	1,19	73,42	74,24
			Messung 2	74,89	89,34	-2,00	1,18	73,62	74,43
		beschriftete Seite	Messung 1	74,91	89,35	-2,01	1,25	73,55	74,40
			Messung 2	75,06	89,42	-2,02	1,27	73,68	74,56
		Mittelwert:		74,96	89,37	-1,99	1,17	73,69	74,51
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								66,299%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	94,72	97,92	-0,91	1,89	92,01	95,37	
		#2	94,88	97,99	-0,85	1,77	92,32	95,54	
	Mittelwert:		94,80	97,96	-0,88	1,83	92,17	95,46	

Deinking-Versuch #12: Memjet auf Mohawk Loop Eco white vellum

*Anmerkung: Bei diesem Versuch wurde **erstmalig das Extech-pH-Meter verwendet**. Die Deinking-Chemie entspricht aber noch der alten Tabelle, da hier noch nicht klar war, dass sie mit einer fehlerhaften Elektrode gemessen wurde. Der niedrige gemessene pH-Wert nach dem Pulpen lieferte aber ein Indiz dafür.*

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 1 unbedrucktes Blatt A8

Deinking-Lösung: 400 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 8,82 – Warum so wenig, gerade im Vergleich mit Versuch #11?
 vor der Lagerung: 8,48
 nach der Lagerung: 8,27
 vor der Flotation: 7,84

Masse des Schaums: zu viel für die Waage, daher wie folgt rechnen:

$$\begin{aligned} & \text{Entnahmegewichte (519,2 g + 509,7 g)} \\ & + \text{Gewicht des Restschaums inkl. Becher (3908,1 g)} \\ & - \text{Leergewicht des Bechers (300,0 g)} \\ & = 3837,0 \text{ g} \end{aligned}$$

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	479,1	466,5	531,1	547,8	519,2	509,7
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,860	5,638	4,065	4,213	12,745	12,561
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,775	0,798	0,777	0,789	0,791	0,809
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,085	4,840	3,288	3,424	11,954	11,752
Stoffdichte [%]:	1,061%	1,038%	0,619%	0,625%	2,302%	2,306%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,049%		0,622%		2,304%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,174	1,117	0,287	0,300	4,632	4,563
Aschegehalt [%]:	23,088%	23,079%	8,729%	8,762%	38,749%	38,827%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	23,083%		8,745%		38,788%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	53,200%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	63,116%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	262,0	442,1	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	217,0	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,307	- Gerade noch im Soll!
Korrekturfaktor:	---	103,290%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	224,2	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: So orange wie beim jetscript ML (Versuch #10)...

- Daher wurde eine Filtrat-Eindampfung im weißen Deckel einer 100-g-Salbenkruke durchgeführt.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	14784,92	1,88	1,67	0,91	0,00	7,04	0,00	11,50	7,04
	unbeschriftete Seite	11947,41	2,06	0,94	0,91	0,00	4,46	0,00	8,37	4,46
#2	beschriftete Seite	22372,48	2,65	3,14	1,60	4,39	7,18	8,01	26,97	15,19
	unbeschriftete Seite	24731,13	0,91	4,01	0,00	1,81	12,51	0,00	19,24	12,51
Mittelwert:		18458,99	1,88	2,44	0,86	1,55	7,80	2,00	16,52	9,80

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	70,80	87,39	2,71	-3,93	75,55	78,63
			Messung 2	70,74	87,36	2,70	-3,94	75,47	78,51
		beschriftete Seite	Messung 1	70,54	87,26	2,46	-4,22	75,59	78,42
			Messung 2	70,37	87,18	2,41	-4,17	75,38	78,30
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	70,05	87,02	2,93	-4,22	75,08	78,35
			Messung 2	69,83	86,91	2,98	-4,29	74,92	78,27
		beschriftete Seite	Messung 1	70,31	87,15	2,26	-4,01	75,11	78,15
			Messung 2	70,33	87,16	2,36	-4,16	75,29	78,14
	Mittelwert:			70,37	87,18	2,60	-4,12	75,30	78,35
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	78,18	90,86	1,27	-1,24	79,90
Messung 2				78,05	90,80	1,26	-1,25	79,78	84,49
beschriftete Seite			Messung 1	78,30	90,91	1,04	-0,98	79,73	84,44
			Messung 2	78,36	90,95	1,08	-1,04	79,88	84,70
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	78,09	90,82	1,31	-1,22	79,81	84,72
			Messung 2	78,04	90,80	1,27	-1,16	79,72	84,68
		beschriftete Seite	Messung 1	78,36	90,94	1,08	-1,01	79,83	84,51
			Messung 2	78,32	90,93	1,03	-0,91	79,69	84,64
Mittelwert:			78,21	90,88	1,17	-1,10	79,79	84,61	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								53,201%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel (Filtrat noch gefärbt!)	#1	94,21	97,72	2,39	-0,37	94,69	97,66	
		#2	94,45	97,81	1,97	-0,10	94,53	97,56	
	Mittelwert:		94,33	97,77	2,18	-0,24	94,61	97,61	
	Krukendeckel (mit Außenrand)		26,47	58,48	7,10	-0,71	27,20	43,89	
	Krukendeckel (nur mit Innenrand)		41,80	70,73	7,79	-0,36	42,63	69,68	

Deinking-Versuch #13: OfficeJet Pro X auf Navigator

Anmerkung: Es wurde hier zwar das Exttech-pH-Meter eingesetzt, aber da zu diesem Zeitpunkt noch nicht klar war, dass die Elektrode des zuvor verwendeten Hach-Messgeräts fehlerhaft war, wurde hier noch die mit dieser erstellte falsche Deinking-Chemie genutzt. Die hier gemessenen pH-Werte sind entsprechend als unglaublich zu betrachten – aber der niedrige gemessene pH-Wert nach dem Pulpen lieferte ein Indiz für die Fehlerhaftigkeit der Hach-Elektrode.

Papiermenge: 15 Drucke A3

Deinking-Lösung: 400 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 8,57 – *Verglichen mit den vorherigen Navigator-Versuchen viel zu wenig!*
 vor der Lagerung: 8,09
 nach der Lagerung: 7,94
 vor der Flotation: 7,71

Masse des Schaums: 2418,7 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	486,2	473,1	511,9	540,9	519,0	540,9
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,953	5,840	4,630	4,880	13,693	13,386
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,785	0,803	0,777	0,772	0,795	0,781
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,168	5,037	3,853	4,108	12,898	12,605
Stoffdichte [%]:	1,063%	1,065%	0,753%	0,759%	2,485%	2,330%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,064%		0,756%		2,408%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,199	1,170	0,193	0,206	7,985	7,810
Aschegehalt [%]:	23,200%	23,228%	5,009%	5,015%	61,909%	61,960%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	23,214%		5,012%		61,934%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	69,587%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	86,083%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	- Je auf 688 g auffüllen. - Gut im Soll-Bereich!
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	258,5	363,7	
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	178,6	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,347	
Korrekturfaktor	---	100,223%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für Laborblätter [g] – final:	---	179,0	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Wunderbar klar!

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	23297,44	0,73	1,18	0,70	1,32	6,93	0,00	10,86	6,93
	unbeschriftete Seite	12261,81	1,88	1,50	1,78	1,67	2,23	0,00	9,06	2,23
#2	beschriftete Seite	10842,27	0,84	1,25	0,00	0,00	2,13	0,00	4,22	2,13
	unbeschriftete Seite	16427,69	0,63	0,84	0,00	0,00	2,37	0,00	3,84	2,37
Mittelwert:		15707,30	1,02	1,19	0,62	0,75	3,42	0,00	7,00	3,42

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _∞ bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	49,21	75,58	-1,57	2,73	46,68	52,24
			Messung 2	49,41	75,71	-1,48	2,72	46,87	52,44
		beschriftete Seite	Messung 1	49,25	75,61	-1,35	2,75	46,70	52,38
			Messung 2	49,09	75,51	-1,44	2,59	46,67	52,10
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	49,20	75,57	-1,50	2,77	46,63	52,27
			Messung 2	49,20	75,57	-1,49	2,75	46,64	52,26
		beschriftete Seite	Messung 1	48,90	75,39	-1,38	2,77	46,34	51,97
			Messung 2	49,12	75,53	-1,39	2,85	46,52	52,28
	Mittelwert:			49,17	75,56	-1,45	2,74	46,63	52,24
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	51,01	76,69	-0,21	3,47	47,77
Messung 2				50,98	76,67	-0,18	3,45	47,75	55,12
beschriftete Seite			Messung 1	51,97	77,26	-0,06	3,41	48,74	56,07
			Messung 2	51,79	77,15	0,00	3,38	48,58	55,93
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	51,31	76,87	-0,21	3,46	48,07	55,43
			Messung 2	51,10	76,74	-0,15	3,36	47,94	55,26
		beschriftete Seite	Messung 1	52,03	77,30	-0,04	3,35	48,83	56,19
			Messung 2	51,86	77,20	-0,07	3,39	48,65	56,01
Mittelwert:			51,51	76,99	-0,12	3,41	48,29	55,65	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:									19,016%
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	81,05	92,16	-0,44	2,71	77,53	84,84	
		#2	80,68	91,99	-0,55	2,81	77,08	84,64	
	Mittelwert:		80,87	92,08	-0,50	2,76	77,31	84,74	

Deinking-Versuch #14: OfficeJet Pro X auf Mohawk Loop Eco white vellum

Anmerkung: Es wurde hier zwar das Exttech-pH-Meter eingesetzt, aber da zu diesem Zeitpunkt noch nicht klar war, dass die Elektrode des zuvor verwendeten Hach-Messgeräts fehlerhaft war, wurde hier noch die mit dieser erstellte falsche Deinking-Chemie verwendet. Die hier gemessenen pH-Werte sind entsprechend als unglaublich zu betrachten – aber der niedrige gemessene pH-Wert nach dem Pulpen lieferte das dritte Indiz für die Fehlerhaftigkeit der Hach-Elektrode. Nach diesem Versuch wurden daher die Vorversuche zum Herstellen der Deinking-Chemie mit dem Exttech-pH-Meter wiederholt.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 1 unbedrucktes Blatt A8

Deinking-Lösung: 400 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 8,77 – Verglichen mit den vorherigen Loop-Ergebnissen zu gering...

vor der Lagerung: 8,39

nach der Lagerung: 8,18

vor der Flotation: 7,90

Masse des Schaums: zu viel für die Waage, daher wie folgt rechnen:

Entnahmegewichte (543,8 g + 537,1 g)

+ Gewicht des Restschaums inkl. Becher (3946,7 g)

– Leergewicht des Bechers (300,8 g)

= 4726,8 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	478,2	475,7	539,4	547,3	543,8	537,1
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,898	5,878	4,410	4,444	11,254	11,080
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,764	0,783	0,787	0,770	0,768	0,746
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,134	5,095	3,623	3,674	10,486	10,334
Stoffdichte [%]:	1,074%	1,071%	0,672%	0,671%	1,928%	1,924%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,072%		0,671%		1,926%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,184	1,173	0,294	0,294	4,108	4,047
Aschegehalt [%]:	23,062%	23,023%	8,115%	8,002%	39,176%	39,162%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	23,042%		8,058%		39,169%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	52,831%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	63,117%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	256,5	409,5	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	201,0	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,299	- Knapp unterm Soll...
Korrekturfaktor:	---	103,926%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	208,9	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,357	- Jetzt gut im Soll!
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	99,484%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	207,9	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Klar und farblos!

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	11887,67	5,68	7,35	1,08	2,68	10,94	0,00	27,73	10,94
	unbeschriftete Seite	9717,79	7,35	8,12	2,40	1,32	7,63	0,00	26,82	7,63
#2	beschriftete Seite	12054,48	6,38	3,21	4,49	2,68	8,08	0,00	24,84	8,08
	unbeschriftete Seite	12992,81	6,65	2,75	5,12	1,46	13,31	0,00	29,29	13,31
Mittelwert:		11663,19	6,52	5,36	3,27	2,04	9,99	0,00	27,17	9,99

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _x bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	54,07	78,50	-1,70	2,57	51,49	55,61
			Messung 2	53,33	78,07	-1,74	2,53	50,78	54,86
		beschriftete Seite	Messung 1	53,38	78,10	-1,68	2,65	50,76	54,97
			Messung 2	53,53	78,19	-1,63	2,66	50,87	55,15
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	54,01	78,47	-1,69	2,59	51,41	55,59
			Messung 2	54,15	78,55	-1,72	2,49	51,65	55,67
		beschriftete Seite	Messung 1	53,26	78,03	-1,69	2,57	50,70	54,79
			Messung 2	53,23	78,01	-1,63	2,50	50,73	54,80
	Mittelwert:			53,62	78,24	-1,69	2,57	51,05	55,18
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	58,69	81,12	-1,07	3,15	55,44
Messung 2				58,95	81,26	-1,11	3,26	55,59	61,50
beschriftete Seite			Messung 1	58,49	81,01	-1,02	3,30	55,11	61,11
			Messung 2	58,58	81,06	-1,02	3,36	55,14	61,22
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	58,94	81,26	-1,11	3,22	55,62	61,45
			Messung 2	58,90	81,23	-1,11	3,24	55,55	61,43
		beschriftete Seite	Messung 1	58,38	80,95	-1,02	3,32	54,98	61,00
			Messung 2	58,47	81,00	-1,04	3,32	55,07	61,08
Mittelwert:			58,68	81,11	-1,06	3,27	55,31	61,25	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								32,660%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	92,36	96,97	-0,66	1,79	89,80	93,85	
		#2	92,28	96,93	-0,73	1,88	89,60	93,78	
	Mittelwert:		92,32	96,95	-0,70	1,84	89,70	93,82	

Deinking-Versuch #15: Riso auf UPM Finesse premium silk

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde das Extech-pH-Meter verwendet. Da dieses Papier bei diesem Versuch erstmals deinkt wurde, ist die **Deinking-Chemie bereits nach den neuen Vorversuchen erstellt**.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 23 unbedruckte Blätter A8 (= 3 unbedruckte Blätter A5 – 1 Blatt A8)

Deinking-Lösung: 200 g Standard-Chemie + 200 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,49 – *Super!*
 vor der Lagerung: 9,03
 nach der Lagerung: 8,94
 vor der Flotation: 7,90

Masse des Schaums: 1760,3 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	491,0	475,1	532,9	534,8	505,4	528,5
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,976	5,796	4,700	4,685	17,264	18,068
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,829	0,780	0,786	0,754	0,772	0,759
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,147	5,016	3,914	3,931	16,492	17,309
Stoffdichte [%]:	1,048%	1,056%	0,734%	0,735%	3,263%	3,275%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,052%		0,735%		3,269%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	2,428	2,359	1,391	1,400	12,244	12,776
Aschegehalt [%]:	47,173%	47,030%	35,539%	35,614%	74,242%	73,811%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	47,101%		35,577%		74,027%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	69,611%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	84,776%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	261,4	374,3	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	183,7	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	0,907	- Viel zu wenig!
Korrekturfaktor:	---	148,842%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	273,5	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,372	- Jetzt im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	98,397%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	269,1	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Überaus klar (obwohl DP-Filtrat selbst trüb war).

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	19871,35	1,60	1,08	2,51	0,00	7,94	0,00	13,13	7,94
	unbeschriftete Seite	120071,44	0,10	2,37	2,54	1,78	2,23	47,00	56,02	49,23
#2	beschriftete Seite	13177,29	1,81	2,30	1,01	1,36	2,23	0,00	8,71	2,23
	unbeschriftete Seite	18184,66	0,87	2,09	5,30	1,46	2,30	0,00	12,02	2,30
Mittelwert:		42826,19	1,10	1,96	2,84	1,15	3,68	11,75	22,47	15,43

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	70,30	87,14	-1,35	-0,31	70,67	70,00
			Messung 2	70,46	87,22	-1,32	-0,31	70,83	70,15
		beschriftete Seite	Messung 1	67,73	85,87	-1,55	-0,46	68,31	66,85
			Messung 2	67,34	85,68	-1,58	-0,52	67,92	66,44
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	70,64	87,31	-1,40	-0,32	70,95	70,46
			Messung 2	70,38	87,18	-1,33	-0,31	70,72	70,29
		beschriftete Seite	Messung 1	67,33	85,67	-1,63	-0,44	67,89	66,49
			Messung 2	67,59	85,80	-1,48	-0,60	68,24	66,76
	Mittelwert:			68,97	86,48	-1,46	-0,41	69,44	68,43
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	78,22	90,88	-1,01	-0,20	78,46
Messung 2				78,22	90,88	-1,07	-0,11	78,45	78,97
beschriftete Seite			Messung 1	77,08	90,36	-1,19	-0,10	77,28	77,51
			Messung 2	76,73	90,20	-1,15	-0,18	76,95	77,05
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	78,06	90,81	-1,03	-0,28	78,43	78,57
			Messung 2	78,04	90,80	-1,02	-0,22	78,33	78,64
		beschriftete Seite	Messung 1	77,16	90,39	-1,13	-0,13	77,37	77,52
			Messung 2	76,76	90,21	-1,15	-0,18	77,02	77,11
Mittelwert:			77,53	90,57	-1,09	-0,18	77,79	78,03	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung: 57,529%									
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	89,80	95,91	-0,51	0,64	88,87	90,82	
		#2	90,44	96,18	-0,60	0,67	89,45	91,23	
	Mittelwert:		90,12	96,05	-0,56	0,66	89,16	91,03	

Deinking-Versuch #16: Memjet auf UPM Finesse premium silk

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde das Extech-pH-Meter und die aktualisierte Deinking-Chemie verwendet.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 23 unbedruckte Blätter A8 (= 3 unbedruckte Blätter A5 – 1 Blatt A8)

Deinking-Lösung: 200 g Standard-Chemie + 200 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,41 – *Schön!*
 vor der Lagerung: 8,93
 nach der Lagerung: 8,83
 vor der Flotation: 7,84

Masse des Schaums: 1972,3 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	477,8	480,8	522,4	540,7	491,1	461,9
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,725	5,719	4,700	4,885	13,939	13,052
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,784	0,755	0,800	0,786	0,770	0,779
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	4,941	4,964	3,900	4,099	13,169	12,273
Stoffdichte [%]:	1,034%	1,032%	0,747%	0,758%	2,682%	2,657%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,033%		0,752%		2,669%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	2,326	2,374	1,589	1,684	8,451	7,850
Aschegehalt [%]:	47,075%	47,824%	40,744%	41,083%	64,173%	63,962%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	47,450%		40,913%		64,067%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	71,694%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	80,612%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutsenblätter (2,75 g) [g]:	266,1	365,5	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	179,4	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	0,816	- Viel zu wenig!
Korrekturfaktor:	---	165,441%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	296,9	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,404	- Jetzt etwas zu hoch...
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	96,154%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 3. Laborblatt [g]:	---	285,5	
Trockengewicht des 3. Laborblatts [g]:	---	1,381	- Jetzt endlich im Soll!
Korrekturfaktor für das 3. Laborblatt:	---	97,755%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	279,0	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Auch nach der Membran rosa, wie bei den allerersten Versuchen.

- Daher wurde eine Filtrat-Eindampfung im weißen Deckel einer 100-g-Salbenkruke durchgeführt.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	38477,68	0,66	3,28	1,50	0,00	11,67	8,33	25,44	20,00
	unbeschriftete Seite	47766,65	0,70	0,87	0,00	4,56	18,01	0,00	24,14	18,01
#2	beschriftete Seite	16950,38	1,22	0,00	2,75	1,78	2,16	0,00	7,91	2,16
	unbeschriftete Seite	18689,16	0,35	0,80	1,53	0,00	2,40	0,00	5,08	2,40
Mittelwert:		30470,97	0,73	1,24	1,45	1,59	8,56	2,08	15,64	10,64

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	74,67	89,24	3,01	-5,03	80,96	83,33
			Messung 2	74,27	89,05	3,17	-5,17	80,73	83,36
		beschriftete Seite	Messung 1	74,33	89,08	2,68	-5,46	81,18	83,61
			Messung 2	74,43	89,12	2,77	-5,48	81,31	83,67
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	73,92	88,88	3,26	-5,32	80,56	83,31
			Messung 2	74,78	89,29	2,94	-5,04	81,10	83,36
		beschriftete Seite	Messung 1	74,73	89,27	2,80	-5,54	81,67	83,82
			Messung 2	74,78	89,29	2,72	-5,47	81,66	83,86
	Mittelwert:			74,49	89,15	2,92	-5,31	81,15	62,64
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	77,28	90,45	0,15	-4,46	83,02
Messung 2				77,32	90,47	0,09	-4,41	83,04	83,10
beschriftete Seite			Messung 1	78,03	90,79	-0,40	-4,45	83,83	83,43
			Messung 2	78,07	90,81	-0,48	-4,40	83,83	83,51
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	77,32	90,47	0,22	-4,28	82,92	83,27
			Messung 2	77,30	90,46	0,29	-4,56	83,15	83,24
		beschriftete Seite	Messung 1	78,28	90,91	-0,37	-4,37	83,96	83,30
			Messung 2	78,21	90,87	-0,33	-4,62	84,17	83,77
Mittelwert:			77,73	90,65	-0,10	-4,44	83,49	83,34	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								85,056%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel (Filtrat noch gefärbt!)	#1	87,24	94,84	-0,75	-3,91	92,62	91,36	
		#2	87,38	94,90	-0,70	-3,88	92,73	91,81	
		Mittelwert:	87,31	94,87	-0,73	-3,90	92,68	91,59	
	Krukendeckel (mit Außenrand)		15,88	46,82	6,34	6,39	13,38	31,44	
	Krukendeckel (nur mit Innenrand)		26,49	58,49	7,81	7,61	22,29	52,99	

Deinking-Versuch #17: Riso auf UPM Digi Finesse premium silk

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde das Exttech-pH-Meter verwendet. Da dieses Papier bei diesem Versuch erstmals deinkt wurde, ist die **Deinking-Chemie bereits nach den neuen Vorversuchen erstellt.**

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 21 unbedruckte Blätter A8 (= 3 unbedruckte Blätter A5 – 3 Blätter A8)

Deinking-Lösung: 300 g Standard-Chemie + 100 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,57 – *Sehr gut!*

vor der Lagerung: 9,18

nach der Lagerung: 9,08

vor der Flotation: 7,98

Masse des Schaums: 1732,6 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	476,2	478,6	527,7	543,5	495,4	502,8
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,832	5,849	4,301	4,424	19,948	20,293
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,777	0,765	0,760	0,766	0,787	0,809
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,055	5,084	3,541	3,658	19,161	19,484
Stoffdichte [%]:	1,062%	1,062%	0,671%	0,673%	3,868%	3,875%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,062%		0,672%		3,871%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	2,142	2,149	1,055	1,089	12,573	12,744
Aschegehalt [%]:	42,374%	42,270%	29,794%	29,770%	65,618%	65,408%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	42,322%		29,782%		65,513%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	64,907%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	79,019%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	259,0	409,2	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	200,9	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	0,988	- Viel zu wenig!
Korrekturfaktor:	---	136,598%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	274,4	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,384	- Jetzt im Soll-Bereich!
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	97,543%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	267,7	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Klar mit minimalem Farbstich.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	14843,75	16,34	20,84	18,47	21,53	37,11	0,00	114,29	37,11
	unbeschriftete Seite	14417,94	17,59	25,92	13,24	17,35	37,45	0,00	111,55	37,45
#2	beschriftete Seite	15664,53	22,16	21,78	21,15	16,55	31,36	19,79	132,79	51,15
	unbeschriftete Seite	13781,64	18,12	27,28	29,20	16,69	34,11	0,00	125,40	34,11
Mittelwert:		14676,97	18,55	23,96	20,52	18,03	35,01	4,95	121,01	39,96

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	68,84	86,42	-1,39	-0,03	68,97	69,16
			Messung 2	68,94	86,48	-1,48	0,16	68,90	69,27
		beschriftete Seite	Messung 1	67,70	85,86	-1,33	-0,33	68,13	67,55
			Messung 2	67,71	85,86	-1,34	-0,30	68,10	67,51
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	69,49	86,75	-1,27	-0,14	69,74	69,87
			Messung 2	69,34	86,67	-1,31	-0,17	69,60	69,50
		beschriftete Seite	Messung 1	67,77	85,89	-1,31	-0,36	68,23	67,62
			Messung 2	67,95	85,98	-1,36	-0,31	68,35	67,74
	Mittelwert:			68,47	86,24	-1,35	-0,19	68,75	68,53
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	78,30	90,92	-0,92	-0,15	78,57
Messung 2				78,36	90,94	-0,87	-0,16	78,65	79,54
beschriftete Seite			Messung 1	77,55	90,57	-0,90	-0,24	77,92	78,49
			Messung 2	77,99	90,77	-0,87	-0,23	78,34	79,23
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	78,28	90,91	-0,90	-0,20	78,62	79,35
			Messung 2	78,29	90,91	-0,89	-0,19	78,60	79,38
		beschriftete Seite	Messung 1	77,79	90,69	-0,95	-0,14	78,03	78,82
			Messung 2	77,69	90,64	-0,89	-0,24	78,04	78,72
Mittelwert:			78,03	90,79	-0,90	-0,19	78,35	79,12	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								61,878%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	92,70	97,11	0,18	0,49	91,90	94,34	
		#2	93,20	97,31	0,16	0,57	92,29	94,60	
	Mittelwert:		92,95	97,21	0,17	0,53	92,10	94,47	

Deinking-Versuch #18: Memjet auf UPM Digi Finesse premium silk

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde das Extech-pH-Meter und die aktualisierte Deinking-Chemie verwendet.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 21 unbedruckte Blätter A8 (= 3 unbedruckte Blätter A5 – 3 Blätter A8)

Deinking-Lösung: 300 g Standard-Chemie + 100 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,52 – *Fast optimal!*
 vor der Lagerung: 9,10
 nach der Lagerung: 9,03
 vor der Flotation: 7,97

Masse des Schaums: 1278,2 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	472,5	480,5	535,9	525,9	503,7	507,1
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,834	5,939	5,085	5,015	14,780	14,732
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,798	0,782	0,779	0,781	0,760	0,761
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,036	5,157	4,306	4,234	14,020	13,971
Stoffdichte [%]:	1,066%	1,073%	0,804%	0,805%	2,783%	2,755%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,070%		0,804%		2,769%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	2,142	2,194	1,828	1,795	6,283	6,331
Aschegehalt [%]:	42,534%	42,544%	42,452%	42,395%	44,815%	45,315%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	42,539%		42,424%		45,065%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	81,614%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	81,778%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	257,1	341,9	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	167,8	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	0,780	- Wirklich viel zu wenig!
Korrekturfaktor:	---	173,077%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	290,5	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,409	- Jetzt etwas zu hoch...
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	95,813%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 3. Laborblatt [g]:	---	278,3	
Trockengewicht des 3. Laborblatts [g]:	---	1,368	- Jetzt gut im Soll!
Korrekturfaktor für das 3. Laborblatt:	---	98,684%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	274,7	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Dieses Mal orangerosa...

- Daher wurde eine Filtrat-Eindampfung im weißen Deckel einer 100-g-Salbenkruke durchgeführt.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	18568,26	0,98	1,43	2,58	2,86	5,16	0,00	13,01	5,16
	unbeschriftete Seite	14262,22	1,22	1,46	0,00	1,46	2,51	0,00	6,65	2,51
#2	beschriftete Seite	16969,05	1,39	0,45	3,28	0,00	5,44	0,00	10,56	5,44
	unbeschriftete Seite	13312,83	1,01	1,95	1,74	0,00	2,54	0,00	7,24	2,54
Mittelwert:		15778,09	1,15	1,32	1,90	1,08	3,91	0,00	9,37	3,91

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	72,87	88,39	3,21	-5,72	79,91	82,06
			Messung 2	72,53	88,22	3,35	-5,66	79,51	82,12
		beschriftete Seite	Messung 1	71,68	87,81	3,10	-6,07	79,14	81,72
			Messung 2	71,63	87,79	3,14	-6,15	79,17	81,74
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	72,96	88,43	3,10	-5,56	79,82	81,80
			Messung 2	73,26	88,57	3,17	-5,44	79,98	82,22
		beschriftete Seite	Messung 1	71,78	87,86	2,99	-6,09	79,26	81,63
			Messung 2	71,83	87,89	3,13	-6,09	79,30	81,89
	Mittelwert:			72,32	88,12	3,15	-5,85	79,51	81,90
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	73,06	88,48	2,33	-5,64	80,09
Messung 2				73,80	88,83	2,19	-5,46	80,61	81,79
beschriftete Seite			Messung 1	72,63	88,27	1,94	-5,94	80,02	81,71
			Messung 2	72,82	88,36	1,82	-5,83	80,09	81,74
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	73,22	88,55	2,29	-5,83	80,48	82,04
			Messung 2	73,56	88,72	2,16	-5,55	80,47	82,05
		beschriftete Seite	Messung 1	72,91	88,41	1,88	-5,87	80,24	81,99
			Messung 2	72,92	88,41	1,96	-6,06	80,48	82,17
Mittelwert:			73,12	88,50	2,07	-5,77	80,31	81,93	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								0,414%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel (Filtrat noch gefärbt!)	#1	90,22	96,09	3,01	-1,94	92,83	95,62	
		#2	90,57	96,23	3,13	-1,86	93,04	95,83	
	Mittelwert:		90,40	96,16	3,07	-1,90	92,94	95,73	
	Krukendeckel (mit Außenrand)		21,24	53,21	6,81	2,86	20,00	36,07	
	Krukendeckel (nur mit Innenrand)		38,43	68,33	6,32	2,89	36,52	59,27	

Deinking-Versuch #19: Riso auf Modo Jet Plus

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde das Exttech-pH-Meter verwendet. Da dieses Papier an diesem Tag erstmals deinkt wurde, ist die **Deinking-Chemie bereits nach den neuen Vorversuchen erstellt**.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 110 unbedruckte Blätter A8 (= 7 unbedruckte Blätter A4 – 1 Blatt A7)

Deinking-Lösung: 400 g Standard-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,09 – *Sehr niedrig, aber noch OK.*
 vor der Lagerung: 8,66
 nach der Lagerung: 8,52
 vor der Flotation: 7,77

Masse des Schaums: 1518,0 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	470,6	474,0	551,2	536,8	498,2	491,6
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,850	5,838	5,526	5,387	12,383	12,258
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,791	0,803	0,779	0,812	0,772	0,762
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,059	5,035	4,747	4,575	11,611	11,496
Stoffdichte [%]:	1,075%	1,062%	0,861%	0,852%	2,331%	2,338%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,069%		0,857%		2,335%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,130	1,131	0,632	0,605	7,298	7,213
Aschegehalt [%]:	22,336%	22,463%	13,314%	13,224%	62,854%	62,744%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	22,400%		13,269%		62,799%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	81,576%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	91,175%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	257,3	321,0	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	157,6	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,195	- Unterhalb des Solls...
Korrekturfaktor:	---	112,971%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	178,0	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,351	- Gut im Soll-Bereich!
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	99,926%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	177,9	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Kann schon als klar & farblos bezeichnet werden.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	12288,76	2,26	1,15	2,06	0,00	4,56	0,00	10,03	4,56
	unbeschriftete Seite	15787,65	1,60	2,26	1,81	0,00	7,21	0,00	12,88	7,21
#2	beschriftete Seite	84165,22	2,33	2,26	3,41	1,29	9,79	72,54	91,62	82,33
	unbeschriftete Seite	24372,71	1,25	1,53	0,00	3,07	8,36	0,00	14,21	8,36
Mittelwert:		34153,59	1,86	1,80	1,82	1,09	7,48	18,14	32,19	25,62

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _∞ bei 700 nm	
UP #1	unbeschriftete Seite	Messung 1	56,79	80,06	-3,16	1,84	55,09	56,37	
		Messung 2	56,30	79,79	-3,12	1,73	54,68	55,97	
		beschriftete Seite	Messung 1	55,34	79,24	-3,18	1,62	53,83	54,78
			Messung 2	56,70	80,01	-3,12	1,69	55,11	56,18
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	55,30	79,21	-3,35	1,83	53,60	54,81
			Messung 2	55,78	79,49	-3,27	1,89	54,01	55,38
		beschriftete Seite	Messung 1	55,87	79,54	-3,09	1,62	54,35	55,39
			Messung 2	56,29	79,78	-3,10	1,69	54,69	55,78
	Mittelwert:		56,05	79,64	-3,17	1,74	54,42	55,58	
DP #1	unbeschriftete Seite	Messung 1	62,63	83,25	-3,11	1,92	60,68	62,24	
		Messung 2	62,94	83,41	-3,14	2,00	60,94	62,51	
		beschriftete Seite	Messung 1	63,03	83,46	-3,00	1,92	61,08	62,59
			Messung 2	64,13	84,03	-2,92	1,84	62,24	63,64
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	63,05	83,47	-3,13	1,87	61,16	62,58
			Messung 2	63,13	83,51	-3,15	1,88	61,24	62,55
		beschriftete Seite	Messung 1	63,59	83,75	-3,01	1,89	61,68	63,08
			Messung 2	64,53	84,24	-2,90	1,83	62,63	64,04
	Mittelwert:		63,38	83,64	-3,05	1,89	61,46	62,90	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								38,367%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	65,90	84,95	-4,78	3,06	62,68	65,76	
		#2	65,18	84,57	-4,94	3,15	61,91	64,92	
	Mittelwert:		65,54	84,76	-4,86	3,11	62,30	65,34	

Deinking-Versuch #20: Memjet auf Modo Jet Plus

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde das Extech-pH-Meter und die aktualisierte Deinking-Chemie verwendet.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 110 unbedruckte Blätter A8 (= 7 unbedruckte Blätter A4 – 1 Blatt A7)

Deinking-Lösung: 400 g Standard-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 8,95 – Wäre nach Runden gerade noch OK; warum so niedrig?
 vor der Lagerung: 8,63
 nach der Lagerung: 8,34
 vor der Flotation: 7,74

Masse des Schaums: 2480,3 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	482,8	481,9	527,5	513,8	521,8	530,7
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,910	5,883	5,248	5,107	9,747	9,998
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,770	0,774	0,773	0,750	0,780	0,773
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,140	5,109	4,475	4,357	8,967	9,225
Stoffdichte [%]:	1,065%	1,060%	0,848%	0,848%	1,718%	1,738%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,062%		0,848%		1,728%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,157	1,156	0,529	0,533	5,115	5,273
Aschegehalt [%]:	22,510%	22,627%	11,821%	12,233%	57,042%	57,160%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	22,568%		12,027%		57,101%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	77,583%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	88,144%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	258,8	324,2	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	159,2	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,205	- Unterhalb des Solls...
Korrekturfaktor:	---	112,033%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	178,3	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,371	- Ist im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	98,468%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	175,6	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Wieder klassisch orangerosa...

- Daher wurde eine Filtrat-Eindampfung im weißen Deckel einer 100-g-Salbenkruke durchgeführt.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	14976,93	2,68	2,51	3,34	0,00	7,77	0,00	16,30	7,77
	unbeschriftete Seite	55286,63	0,98	0,00	0,80	0,00	6,06	13,66	21,50	19,72
#2	beschriftete Seite	29868,52	0,31	1,05	0,00	0,00	5,61	0,00	6,97	5,61
	unbeschriftete Seite	116636,56	0,38	1,05	0,00	0,00	2,26	23,52	27,21	25,78
Mittelwert:		54192,16	1,09	1,15	1,04	0,00	5,43	9,30	18,00	14,72

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	68,64	68,33	5,55	-6,86	76,84	79,89
			Messung 2	68,84	86,43	5,46	-6,79	76,97	79,95
		beschriftete Seite	Messung 1	69,22	86,61	5,03	-6,65	77,19	80,03
			Messung 2	68,65	86,33	5,37	-7,03	77,04	80,04
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	68,49	86,25	5,55	-6,89	76,72	79,69
			Messung 2	68,37	86,19	5,58	-6,94	76,65	79,63
		beschriftete Seite	Messung 1	69,60	86,80	4,95	-6,55	77,48	80,14
			Messung 2	69,28	86,64	5,07	-6,69	77,32	80,17
	Mittelwert:			68,89	84,20	5,32	-6,80	77,03	79,94
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	73,17	88,53	2,49	-4,51	78,82
Messung 2				73,25	88,57	2,44	-4,45	78,83	80,17
beschriftete Seite			Messung 1	73,95	88,90	2,25	-4,20	79,24	80,64
			Messung 2	73,98	88,91	2,24	-4,19	79,23	80,54
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	73,08	88,49	2,52	-4,58	78,81	80,08
			Messung 2	73,13	88,51	2,52	-4,60	78,89	80,15
		beschriftete Seite	Messung 1	74,32	89,08	2,07	-3,93	79,32	80,63
			Messung 2	74,28	89,05	2,21	-4,11	79,48	80,90
Mittelwert:			73,65	88,76	2,34	-4,32	79,08	80,42	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								5,216%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel (Filtrat noch gefärbt!)	#1	75,85	89,79	6,28	-7,87	85,95	89,67	
		#2	75,38	89,57	6,39	-8,05	85,69	89,56	
		Mittelwert:	75,62	89,68	6,34	-7,96	85,82	89,62	
	Krukendeckel (mit Außenrand)		13,63	43,70	2,09	4,68	11,92	24,34	
	Krukendeckel (nur mit Innenrand)		20,86	52,79	0,78	6,95	17,64	36,62	

Deinking-Versuch #21: OfficeJet Pro X auf UPM Digi Finesse premium silk

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde das Extech-pH-Meter und die aktualisierte Deinking-Chemie verwendet.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 21 unbedruckte Blätter A8 (= 3 unbedruckte Blätter A5 – 3 Blätter A8)

Deinking-Lösung: 300 g Standard-Chemie + 100 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,73 – Ist OK.

vor der Lagerung: 9,33

nach der Lagerung: 9,29

vor der Flotation: 7,98

Masse des Schaums: 1389,1 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	477,7	464,7	526,3	539,5	504,8	496,9
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,917	5,760	5,070	5,198	11,546	11,303
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,799	0,802	0,776	0,807	0,790	0,780
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,118	4,958	4,294	4,391	10,756	10,523
Stoffdichte [%]:	1,071%	1,067%	0,816%	0,814%	2,131%	2,118%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,069%		0,815%		2,124%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u> <i>- DP v1 wurde als Ausreißer gestrichen</i>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	2,200	2,114	2,232	1,915	4,344	4,248
Aschegehalt [%]:	42,986%	42,638%	51,980%	43,612%	40,387%	40,369%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	42,812%		43,612%		40,378%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	84,667%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	83,483%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	257,2	337,5	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	165,7	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	0,754	- Viel zu wenig!
Korrekturfaktor:	---	178,974%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	296,5	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,433	- Jetzt zu hoch...
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	94,208%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 3. Laborblatt [g]:	---	279,3	
Trockengewicht des 3. Laborblatts [g]:	---	1,334	- Jetzt im Soll-Bereich!
Korrekturfaktor für das 3. Laborblatt:	---	101,199%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	282,7	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Nach der Membran nur minimal trüb; OK so.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	32105,84	3,69	4,81	7,94	7,18	9,69	32,86	66,17	42,55
	unbeschriftete Seite	35874,22	1,78	4,53	1,64	0	2,47	28,64	39,06	31,11
#2	beschriftete Seite	12046,97	4,56	5,57	2,3	1,29	7,35	0	21,07	7,35
	unbeschriftete Seite	16726,37	2,58	4,25	1,43	1,64	7,67	0	17,57	7,67
Mittelwert:		24188,35	3,15	4,79	3,33	2,53	6,80	15,38	35,97	22,17

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	50,24	76,22	-1,41	2,47	47,92	52,32
			Messung 2	50,18	76,18	-1,29	2,47	47,84	52,48
		beschriftete Seite	Messung 1	46,60	73,94	-1,30	2,05	44,71	48,41
			Messung 2	46,58	73,92	-1,40	2,18	44,60	48,40
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	49,32	75,65	-1,31	2,43	47,05	51,44
			Messung 2	49,84	75,97	-1,31	2,43	47,55	52,04
		beschriftete Seite	Messung 1	45,80	73,42	-1,43	2,04	43,93	47,45
			Messung 2	45,35	73,12	-1,46	2,07	43,48	46,95
		Mittelwert:		47,99	74,8	-1,36	2,27	45,89	49,94
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	49,86	75,98	-1,49	2,25	47,75	51,73
			Messung 2	49,10	75,52	-1,61	2,22	47,04	50,84
		beschriftete Seite	Messung 1	46,96	74,16	-1,38	2,04	45,07	48,63
			Messung 2	46,87	74,11	-1,37	2,04	44,99	48,52
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	50,32	76,27	-1,23	2,41	48,04	52,61
			Messung 2	50,61	76,44	-1,42	2,35	48,40	52,59
		beschriftete Seite	Messung 1	47,54	74,53	-1,36	2,17	45,55	49,28
			Messung 2	47,42	74,46	-1,40	2,15	45,46	49,19
		Mittelwert:		48,59	75,18	-1,41	2,20	46,54	50,42
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								2,886%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	86,43	94,49	-0,59	1,94	83,79	89,18	
		#2	86,60	94,57	-0,57	1,98	83,87	89,29	
	Mittelwert:		86,52	94,53	-0,58	1,96	83,83	89,24	

Deinking-Versuch #22: OfficeJet Pro X auf Modo Jet Plus

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde das Extech-pH-Meter und die aktualisierte Deinking-Chemie verwendet.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 110 unbedruckte Blätter A8 (= 7 unbedruckte Blätter A4 – 1 Blatt A7)

Deinking-Lösung: 400 g Standard-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 8,97 – Nur mit Runden noch OK; warum so niedrig?
 vor der Lagerung: 8,54
 nach der Lagerung: 8,37
 vor der Flotation: 7,75

Masse des Schaums: 2422,3 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	480,7	477,6	552,6	514,4	492,4	499,0
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,950	5,950	5,311	4,931	10,151	10,229
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,753	0,777	0,792	0,759	0,786	0,745
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,197	5,173	4,519	4,172	9,365	9,484
Stoffdichte [%]:	1,081%	1,083%	0,818%	0,811%	1,902%	1,901%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,082%		0,814%		1,901%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,158	1,156	0,572	0,504	4,987	5,071
Aschegehalt [%]:	22,282%	22,347%	12,658%	12,081%	53,251%	53,469%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	22,314%		12,369%		53,360%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	76,356%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	86,131%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	254,1	337,7	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	165,8	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,197	- Unterhalb des Solls...
Korrekturfaktor:	---	112,782%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	187,0	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,359	- Gut im Soll-Bereich!
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	99,338%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	185,7	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Am Ende klar (im Gegensatz zum DP-Filtrat vorm Filter).

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	12652,30	3,10	1,50	0,80	1,60	5,30	0,00	12,30	5,30
	unbeschriftete Seite	12544,78	1,95	1,88	0,80	0,00	4,63	0,00	9,26	4,63
#2	beschriftete Seite	22463,19	2,89	2,51	2,40	0,00	9,13	8,40	25,33	17,53
	unbeschriftete Seite	10060,26	2,40	1,18	0,80	1,29	2,93	0,00	8,60	2,93
Mittelwert:		14430,13	2,59	1,77	1,20	0,72	5,50	2,10	13,87	7,60

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	51,44	76,94	-1,47	3,00	48,57	54,22
			Messung 2	51,24	76,82	-1,49	2,95	48,40	53,97
		beschriftete Seite	Messung 1	51,60	77,04	-1,42	2,89	48,80	54,27
			Messung 2	51,80	77,16	-1,41	2,90	48,98	54,47
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	50,78	76,55	-1,52	2,96	47,95	53,48
			Messung 2	51,17	76,78	-1,46	2,87	48,39	53,92
		beschriftete Seite	Messung 1	52,23	77,42	-1,38	2,93	49,40	54,95
			Messung 2	52,10	77,34	-1,41	2,91	49,28	54,80
	Mittelwert:			51,55	77,01	-1,45	2,93	48,72	54,26
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	52,63	77,66	-1,16	3,18	49,55
Messung 2				52,99	77,87	-1,12	3,16	49,91	55,99
beschriftete Seite			Messung 1	53,62	78,24	-1,01	3,16	50,52	56,65
			Messung 2	53,27	78,03	-0,96	3,08	50,25	56,31
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	52,57	77,62	-1,15	3,20	49,47	55,57
			Messung 2	52,78	77,75	-1,10	3,16	49,71	55,79
		beschriftete Seite	Messung 1	53,84	78,37	-0,98	3,10	50,80	56,85
			Messung 2	53,59	78,22	-1,04	3,16	50,50	56,60
Mittelwert:			53,16	77,97	-1,07	3,15	50,09	56,18	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:									11,328%
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	39,25	68,94	-1,82	2,43	37,23	41,79	
		#2	39,10	68,82	-1,73	2,46	37,03	41,81	
	Mittelwert:		39,18	68,88	-1,78	2,45	37,13	41,80	

Deinking-Versuch #23: OfficeJet Pro X auf UPM Finesse premium silk

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde das Exttech-pH-Meter und die aktualisierte Deinking-Chemie verwendet.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 23 unbedruckte Blätter A8 (= 3 unbedruckte Blätter A5 – 1 Blatt A8)

Deinking-Lösung: 200 g Standard-Chemie + 200 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,62 – Gut!
 vor der Lagerung: 9,15
 nach der Lagerung: 9,09
 vor der Flotation: 7,95

Masse des Schaums: 1755,0 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	478,6	473,4	511,9	540,7	515,3	507,8
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,704	5,662	4,963	5,185	12,922	12,796
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,792	0,769	0,778	0,780	0,767	0,784
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	4,912	4,893	4,185	4,405	12,155	12,012
Stoffdichte [%]:	1,026%	1,034%	0,818%	0,815%	2,359%	2,365%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,030%		0,816%		2,362%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	2,321	2,307	1,811	1,909	7,536	7,425
Aschegehalt [%]:	47,252%	47,149%	43,274%	43,337%	61,999%	61,813%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	47,200%		43,305%		61,906%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	77,639%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	83,366%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	267,0	337,0	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	165,4	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	0,757	- Wirklich viel zu wenig!
Korrekturfaktor:	---	178,336%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	295,0	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,428	- Jetzt zu hoch...
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	94,538%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 3. Laborblatt [g]:	---	278,9	
Trockengewicht des 3. Laborblatts [g]:	---	1,336	- Jetzt im Soll-Bereich!
Korrekturfaktor für das 3. Laborblatt:	---	101,048%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	281,8	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Ist klar (im Gegensatz zum Filter).

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	39227,32	0,98	2,79	2,13	3,59	3,00	14,98	27,47	17,98
	unbeschriftete Seite	13603,75	0,98	0,66	1,15	0,00	3,03	0,00	5,82	3,03
#2	beschriftete Seite	16614,36	1,85	2,33	2,47	1,36	7,49	0,00	15,50	7,49
	unbeschriftete Seite	15382,29	1,43	1,88	0,70	1,85	4,91	0,00	10,77	4,91
Mittelwert:		21206,93	1,31	1,92	1,61	1,70	4,61	3,75	14,89	8,35

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	50,32	76,27	-1,15	2,06	48,35	52,39
			Messung 2	51,99	77,27	-1,06	2,06	49,98	54,18
		beschriftete Seite	Messung 1	47,90	74,76	-1,34	1,37	46,58	48,94
			Messung 2	47,71	74,64	-1,41	1,58	46,23	48,84
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	50,52	76,38	-1,20	1,95	48,64	52,36
			Messung 2	50,48	76,36	-1,14	2,04	48,54	52,48
		beschriftete Seite	Messung 1	47,96	74,80	-1,33	1,44	46,59	49,06
			Messung 2	47,98	74,81	-1,32	1,45	46,59	49,10
	Mittelwert:			49,36	75,66	-1,24	1,74	47,69	50,92
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	53,07	77,92	-0,93	2,09	51,03	55,34
			Messung 2	52,38	77,51	-0,91	2,00	50,42	54,55
		beschriftete Seite	Messung 1	51,43	76,94	-1,00	1,72	49,72	53,17
			Messung 2	51,28	76,85	-0,98	1,71	49,59	53,02
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	52,80	77,76	-0,98	2,12	50,73	55,01
			Messung 2	52,53	77,60	-0,98	2,16	50,44	54,77
		beschriftete Seite	Messung 1	51,06	76,71	-1,07	1,66	49,42	52,60
			Messung 2	50,69	76,49	-1,14	1,64	49,10	52,03
	Mittelwert:			51,91	77,22	-1,00	1,89	50,06	53,81
	Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								16,200%
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	65,83	84,91	-0,96	3,82	61,53	70,28	
		#2	65,47	84,72	-1,02	3,97	61,05	69,89	
	Mittelwert:		65,65	84,82	-0,99	3,90	61,29	70,09	

Deinking-Versuch #24: OfficeJet Pro X auf maxiscript

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde das Exttech-pH-Meter verwendet. Mit diesem Gerät wurden zuvor die Vorversuche für dieses Papier wiederholt und eine **entsprechend angepasste Deinking-Chemie** erstellt.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 10 unbedruckte Blätter A8 (= 5 unbedruckte Blätter A7)

Deinking-Lösung: 300 g Standard-Chemie + 100 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,60 – *Sehr gut!*

vor der Lagerung: 9,18

nach der Lagerung: 9,11

vor der Flotation: 7,96

Masse des Schaums: 2133,6 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	483,9	474,7	560,1	515,2	507,2	516,5
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,783	5,730	5,200	4,822	11,796	12,017
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,782	0,793	0,775	0,781	0,795	0,762
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,001	4,937	4,425	4,041	11,001	11,255
Stoffdichte [%]:	1,033%	1,040%	0,790%	0,784%	2,169%	2,179%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,037%		0,787%		2,174%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,601	1,564	0,998	0,906	6,636	6,840
Aschegehalt [%]:	32,014%	31,679%	22,554%	22,420%	60,322%	60,773%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	31,846%		22,487%		60,547%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	75,144%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	85,463%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	265,3	349,3	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	171,5	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,048	- Viel zu niedrig!
Korrekturfaktor:	---	128,817%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	220,9	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,370	- Gut im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	98,540%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	217,7	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Klares Filtrat, dunkler Filter.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	43010,67	0,00	0,00	0,00	1,67	0,00	0,00	1,67	0,00
	unbeschriftete Seite	18966,51	0,42	0,49	1,71	1,81	0,00	0,00	4,43	0,00
#2	beschriftete Seite	39202,43	0,00	0,38	0,00	3,38	2,33	0,00	6,09	2,33
	unbeschriftete Seite	21206,65	0,21	0,42	0,00	1,85	0,00	0,00	2,48	0,00
Mittelwert:		30596,57	0,16	0,32	0,43	2,18	0,58	0,00	3,67	0,58

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	48,23	74,97	-1,65	2,73	45,71	51,29
			Messung 2	48,72	75,28	-1,51	2,39	46,45	51,74
		beschriftete Seite	Messung 1	48,07	74,87	-1,77	2,57	45,65	50,84
			Messung 2	48,02	74,84	-1,76	2,64	45,53	50,84
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	48,31	75,02	-1,71	2,82	45,72	51,40
			Messung 2	48,22	74,96	-1,66	2,71	45,71	51,28
		beschriftete Seite	Messung 1	48,24	74,98	-1,88	2,67	45,76	50,88
			Messung 2	48,12	74,90	-1,88	2,66	45,67	50,79
	Mittelwert:			48,24	74,98	-1,73	2,65	45,78	44,72
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	48,65	75,23	-1,40	2,71	46,12	52,00
			Messung 2	48,87	75,37	-1,36	2,71	46,34	52,32
		beschriftete Seite	Messung 1	48,73	75,28	-1,25	2,64	46,26	52,28
			Messung 2	48,70	75,26	-1,26	2,69	46,20	52,26
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	48,63	75,22	-1,40	2,75	46,06	52,01
			Messung 2	48,68	75,25	-1,38	2,76	46,11	52,11
		beschriftete Seite	Messung 1	48,68	75,25	-1,36	2,68	46,17	52,04
			Messung 2	49,02	75,46	-1,28	2,65	46,55	52,48
	Mittelwert:			48,75	75,29	-1,34	2,70	46,23	52,19
	Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	54,06	78,49	-2,43	4,92	49,30	58,79	
		#2	53,88	78,39	-2,30	4,58	49,35	58,52	
	Mittelwert:		53,97	78,44	-2,37	4,75	49,33	58,66	

Deinking-Versuch #25: OfficeJet Pro X auf PaperOne Digital

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde das Exttech-pH-Meter verwendet. Mit diesem Gerät wurden zuvor die Vorversuche für dieses Papier wiederholt und eine **entsprechend angepasste Deinking-Chemie** erstellt.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 76 unbedruckte Blätter A8 (= 5 unbedruckte Blätter A4 – 1 Blatt A6)

Deinking-Lösung: 400 g Standard-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,22 – *Relativ niedrig, aber OK.*
 vor der Lagerung: 8,77
 nach der Lagerung: 8,61
 vor der Flotation: 7,91

Masse des Schaums: 2186,8 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	470,2	484,5	548,1	516,2	518,3	518,0
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,791	5,952	5,193	4,898	12,536	12,501
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,783	0,793	0,787	0,796	0,797	0,794
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,008	5,159	4,406	4,102	11,739	11,707
Stoffdichte [%]:	1,065%	1,065%	0,804%	0,795%	2,265%	2,260%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,065%		0,799%		2,262%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,283	1,291	0,520	0,486	7,222	7,190
Aschegehalt [%]:	25,619%	25,024%	11,802%	11,848%	61,521%	61,416%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	25,322%		11,825%		61,469%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	74,190%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	87,598%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	258,2	344,1	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	168,9	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,260	- Außerhalb des Solls...
Korrekturfaktor:	---	107,143%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	181,0	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,354	- Sehr gut im Soll!
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	99,705%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	180,4	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat ist klar, Filter etwas grau.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	12281,23	4,11	8,01	3,48	6,13	2,61	0,00	24,34	2,61
	unbeschriftete Seite	10142,59	4,29	7,32	4,22	0,00	2,72	0,00	18,55	2,72
#2	beschriftete Seite	18237,37	5,40	7,87	10,49	4,36	9,30	10,80	48,22	20,10
	unbeschriftete Seite	11406,55	3,80	3,62	2,89	3,41	2,68	0,00	16,40	2,68
Mittelwert:		13016,94	4,40	6,71	5,27	3,48	4,33	2,70	26,88	7,03

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	52,20	77,40	-1,35	2,72	49,57	55,07
			Messung 2	52,39	77,51	-1,29	2,66	49,81	55,30
		beschriftete Seite	Messung 1	53,55	78,20	-1,23	2,56	51,02	56,33
			Messung 2	53,62	78,24	-1,31	2,74	50,96	56,41
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	52,25	77,43	-1,28	2,67	49,66	55,21
			Messung 2	52,52	77,59	-1,30	2,65	49,92	55,42
		beschriftete Seite	Messung 1	53,97	78,45	-1,19	2,53	51,45	56,75
			Messung 2	54,05	78,49	-1,22	2,58	51,50	56,83
		Mittelwert:		53,07	77,91	-1,27	2,64	50,49	55,92
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	58,49	81,01	-1,12	2,80	55,62	61,50
			Messung 2	58,72	81,14	-1,06	2,67	55,95	61,69
		beschriftete Seite	Messung 1	60,26	81,98	-1,04	2,62	57,46	63,10
			Messung 2	60,06	81,87	-1,06	2,70	57,21	62,95
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	58,47	81,00	-1,14	2,82	55,60	61,54
			Messung 2	58,23	80,87	-1,06	2,69	55,49	61,31
		beschriftete Seite	Messung 1	60,17	81,93	-1,10	2,72	57,36	63,07
			Messung 2	60,45	82,08	-1,05	2,73	57,63	63,38
		Mittelwert:		59,36	81,49	-1,08	2,72	56,54	62,32
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								34,443%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	83,25	93,13	-1,05	1,80	80,84	85,50	
		#2	83,23	93,11	-1,08	1,89	80,74	85,53	
	Mittelwert:		83,24	93,12	-1,07	1,85	80,79	85,52	

Deinking-Versuch #26: OfficeJet ProX auf jetscript ML

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde das Extech-pH-Meter verwendet. Mit diesem Gerät wurden zuvor die Vorversuche für dieses Papier wiederholt und eine **entsprechend angepasste Deinking-Chemie** erstellt.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 23 unbedruckte Blätter A8 (= 3 unbedruckte Blätter A5 – 1 Blatt A8)

Deinking-Lösung: 350 g Standard-Chemie + 50 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,28 – *Etwas niedrig, aber nicht schlecht.*
 vor der Lagerung: 8,74
 nach der Lagerung: 8,60
 vor der Flotation: 7,84

Masse des Schaums: zu viel für die Waage, daher wie folgt rechnen:

Entnahmegewichte (519,8 g + 524,3 g)
 + **Gewicht des Restschaums inkl. Becher – VERGESSEN**
 – Leergewicht des Bechers (300,4 g g)
 = **NICHT BERECHENBAR**

=> Es wird ersatzweise mit dem Durchschnittswert der Schäume gerechnet, die mit anderen Druckfarben auf diesem Papier erhalten wurden (Versuche #9, #10, #35, #45, #54, #63 & #72), d. h. mit: 4043,0 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	496,3	476,1	502,4	527,1	519,8	524,3
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	6,209	5,928	4,484	4,611	8,114	8,156
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,795	0,785	0,812	0,772	0,788	0,812
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,414	5,143	3,672	3,839	7,326	7,344
Stoffdichte [%]:	1,091%	1,080%	0,731%	0,728%	1,409%	1,401%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,086%		0,730%		1,405%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	0,940	0,893	0,097	0,098	3,436	3,430
Aschegehalt [%]:	17,362%	17,363%	2,642%	2,553%	46,901%	46,705%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	17,363%		2,597%		46,803%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	70,928%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	83,602%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	253,3	376,9	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	185,0	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,349	- Optimal im Soll!
Korrekturfaktor:	---	100,074%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	185,2	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar (war es ja auch schon vor der Membran).

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	17638,15	1,50	1,95	2,37	0,00	7,21	0,00	13,03	7,21
	unbeschriftete Seite	16021,47	1,99	3,00	2,06	2,79	5,75	0,00	15,59	5,75
#2	beschriftete Seite	11051,35	3,31	4,63	1,60	0,00	5,92	0,00	15,46	5,92
	unbeschriftete Seite	11752,11	2,20	3,97	1,50	1,46	2,75	0,00	11,88	2,75
Mittelwert:		14115,77	2,25	3,39	1,88	1,06	5,41	0,00	13,99	5,41

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP #1	unbeschriftete Seite	Messung 1	52,18	77,39	-2,06	3,60	48,71	54,66	
		Messung 2	51,79	77,15	-2,04	3,58	48,35	54,33	
		beschriftete Seite	Messung 1	51,43	76,94	-2,06	3,55	48,02	53,85
			Messung 2	51,94	77,24	-2,03	3,50	48,55	54,35
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	51,55	77,01	-2,06	3,64	48,08	54,07
			Messung 2	51,63	77,06	-2,02	3,52	48,24	54,13
		beschriftete Seite	Messung 1	51,78	77,15	-2,00	3,52	48,42	54,24
			Messung 2	51,67	77,08	-1,92	3,35	48,43	54,13
	Mittelwert:		51,75	77,13	-2,02	3,53	48,35	54,22	
DP #1	unbeschriftete Seite	Messung 1	63,22	83,56	-1,29	3,61	59,30	66,42	
		Messung 2	63,41	83,66	-1,32	3,63	59,45	66,57	
		beschriftete Seite	Messung 1	63,86	83,89	-1,24	3,54	59,97	67,05
			Messung 2	63,95	83,94	-1,24	3,49	60,08	67,07
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	63,17	83,53	-1,33	3,71	59,15	66,40
			Messung 2	63,04	83,46	-1,33	3,69	59,04	66,28
		beschriftete Seite	Messung 1	63,65	83,78	-1,28	3,59	59,71	66,84
			Messung 2	63,15	83,52	-1,31	3,60	59,22	66,35
	Mittelwert:		63,43	83,67	-1,29	3,61	59,49	66,62	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								56,739%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	95,98	98,42	-0,23	0,89	94,59	96,75	
		#2	96,00	98,43	-0,22	0,93	94,57	96,78	
	Mittelwert:		95,99	98,43	-0,23	0,91	94,58	96,77	

Deinking-Versuch #27: OfficeJet Pro X auf DNS Color Print

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde das Extech-pH-Meter verwendet. Mit diesem Gerät wurden zuvor die Vorversuche für dieses Papier wiederholt und eine **entsprechend angepasste Deinking-Chemie** erstellt.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 5 unbedruckte Blätter A8

Deinking-Lösung: 400 g Standard-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,37 – *Sehr schön!*
 vor der Lagerung: 8,97
 nach der Lagerung: 8,85
 vor der Flotation: 8,05

Masse des Schaums: 2031,0 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	494,8	474,0	545,6	555,0	504,4	493,8
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	6,088	5,852	5,081	5,164	12,493	12,265
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,801	0,805	0,774	0,779	0,780	0,783
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,287	5,047	4,307	4,385	11,713	11,482
Stoffdichte [%]:	1,069%	1,065%	0,789%	0,790%	2,322%	2,325%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,067%		0,790%		2,324%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,147	1,091	0,464	0,468	6,225	6,117
Aschegehalt [%]:	21,695%	21,617%	10,773%	10,673%	53,146%	53,275%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	21,656%		10,723%		53,210%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	75,419%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	85,944%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	257,8	348,2	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	170,9	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,249	- Außerhalb des Solls.
Korrekturfaktor:	---	108,086%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	184,8	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,347	- Sehr gut im Soll!
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	100,223%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	185,2	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat ist klar, Filter leicht grau.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	14826,59	8,50	12,19	4,39	4,84	5,71	13,94	49,57	19,65
	unbeschriftete Seite	18980,09	4,53	5,23	6,59	2,79	21,46	0,00	40,60	21,46
#2	beschriftete Seite	10352,89	5,54	8,61	5,96	1,46	4,60	0,00	26,17	4,60
	unbeschriftete Seite	13381,10	6,45	5,89	2,20	6,24	10,45	0,00	31,23	10,45
Mittelwert:		14385,17	6,26	7,98	4,79	3,83	10,56	3,49	36,89	14,04

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	51,02	76,69	-1,13	2,40	48,73	53,92
			Messung 2	50,62	76,45	-1,08	2,35	48,37	53,55
		beschriftete Seite	Messung 1	52,33	77,48	-1,07	2,35	50,04	55,16
			Messung 2	52,45	77,55	-1,10	2,29	50,20	55,24
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	51,05	76,71	-1,10	2,36	48,78	53,99
			Messung 2	50,93	76,64	-1,11	2,40	48,64	53,88
		beschriftete Seite	Messung 1	51,88	77,21	-1,05	2,27	49,67	54,73
			Messung 2	52,06	77,32	-1,07	2,26	49,86	54,86
	Mittelwert:			51,54	77,01	-1,09	2,34	49,29	54,42
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	57,07	80,22	-0,94	2,42	54,57
Messung 2				57,08	80,22	-0,94	2,50	54,52	60,16
beschriftete Seite			Messung 1	58,78	81,17	-0,89	2,34	56,33	61,69
			Messung 2	59,17	81,39	-0,85	2,33	56,72	62,07
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	57,09	80,23	-0,94	2,51	54,53	60,18
			Messung 2	57,13	80,25	-0,93	2,50	54,59	60,24
		beschriftete Seite	Messung 1	58,65	81,10	-0,90	2,36	56,18	61,56
			Messung 2	59,09	81,34	-0,91	2,44	56,54	61,98
Mittelwert:			58,01	80,74	-0,91	2,43	55,50	61,00	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:									34,712%
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	87,22	94,83	-0,55	1,54	85,14	89,63	
		#2	87,41	94,91	-0,55	1,58	85,26	89,76	
	Mittelwert:		87,32	94,87	-0,55	1,56	85,20	89,70	

Deinking-Versuch #28: ColorQube auf Navigator

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde das Exttech-pH-Meter verwendet. Mit diesem Gerät wurden zuvor die Vorversuche für dieses Papier wiederholt und eine **entsprechend angepasste Deinking-Chemie** erstellt.

Papiermenge: 15 Drucke A3

Deinking-Lösung: 300 g Standard-Chemie + 100 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,38 – *Sehr gut!*

vor der Lagerung: 8,95

nach der Lagerung: 8,87

vor der Flotation: 7,90

Masse des Schaums: 1857,6 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	486,8	464,4	540,2	530,5	520,8	509,4
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	6,208	5,953	4,997	4,901	18,961	18,658
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,778	0,780	0,801	0,802	0,820	0,784
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,430	5,173	4,196	4,099	18,141	17,874
Stoffdichte [%]:	1,115%	1,114%	0,777%	0,773%	3,483%	3,509%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,115%		0,775%		3,496%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,211	1,151	0,238	0,234	10,363	10,248
Aschegehalt [%]:	22,302%	22,250%	5,672%	5,709%	57,125%	57,335%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	22,276%		5,690%		57,230%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	67,632%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	82,065%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutsenblätter (2,75 g) [g]:	246,7	355,0	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	174,3	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,327	- Liegt im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor	---	101,733%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für Laborblätter [g] – final:	---	177,3	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat ist so klar, wie es sein sollte.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	37780,46	14,84	25,64	56,30	56,41	281,42	42,82	477,43	324,24
	unbeschriftete Seite	40672,52	11,18	32,12	48,81	81,22	298,52	34,21	506,06	332,73
#2	beschriftete Seite	33160,43	13,41	26,93	50,49	53,41	210,13	7,94	362,31	218,07
	unbeschriftete Seite	35741,01	9,44	31,64	53,93	65,01	258,28	0,00	418,30	258,28
Mittelwert:		36838,61	12,22	29,08	52,38	64,01	262,09	21,24	441,03	283,33

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	62,38	83,11	0,47	-1,59	64,11	74,31
			Messung 2	62,32	83,08	0,40	-1,46	63,92	74,24
		beschriftete Seite	Messung 1	59,08	81,34	-0,06	-1,11	60,22	71,80
			Messung 2	60,93	82,34	0,09	-1,34	62,34	73,05
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	65,28	84,63	0,75	-1,79	67,36	76,18
			Messung 2	65,39	84,68	0,72	-1,81	67,48	76,22
		beschriftete Seite	Messung 1	64,02	83,97	0,50	-1,74	65,98	75,16
			Messung 2	64,90	84,43	0,57	-1,73	66,89	75,73
		Mittelwert:		63,04	83,45	0,43	-1,57	64,79	74,59
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	80,32	91,83	1,12	-1,46	82,50	88,71
			Messung 2	80,36	91,84	1,12	-1,39	82,45	88,78
		beschriftete Seite	Messung 1	80,34	91,84	1,02	-1,26	82,28	88,43
			Messung 2	80,58	91,94	1,06	-1,28	82,51	88,73
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	79,99	91,68	1,12	-1,51	82,23	88,28
			Messung 2	80,29	91,81	1,12	-1,45	82,46	88,88
		beschriftete Seite	Messung 1	80,59	91,95	1,04	-1,28	82,54	88,76
			Messung 2	80,70	92,00	1,10	-1,32	82,70	88,91
		Mittelwert:		80,40	91,86	1,09	-1,37	82,46	88,69
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								83,328%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	95,70	98,31	-0,01	1,43	93,44	97,36	
		#2	95,61	98,28	0,00	1,47	93,25	97,33	
	Mittelwert:		95,66	98,30	-0,01	1,45	93,35	97,35	

Deinking-Versuch #29: ColorQube auf maxiscript

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde das Extech-pH-Meter in Kombination mit der damit festgestellten Chemie verwendet.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 10 unbedruckte Blätter A8 (= 5 unbedruckte Blätter A7)

Deinking-Lösung: 300 g Standard-Chemie + 100 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,57 – *Sehr gut!*

vor der Lagerung: 9,12

nach der Lagerung: 9,03

vor der Flotation: 7,98

Masse des Schaums: 1656,2 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	475,6	478,1	545,3	534,7	501,9	512,0
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,948	5,978	5,261	5,251	14,508	14,786
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,778	0,778	0,755	0,800	0,786	0,811
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,170	5,200	4,506	4,451	13,722	13,975
Stoffdichte [%]:	1,087%	1,088%	0,826%	0,832%	2,734%	2,729%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,087%		0,829%		2,732%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,568	1,582	1,093	1,094	7,009	7,150
Aschegehalt [%]:	30,329%	30,423%	24,257%	24,579%	51,079%	51,163%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	30,376%		24,418%		51,121%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	76,884%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	83,463%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	252,9	331,6	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	162,8	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,036	- Zu niedrig!
Korrekturfaktor:	---	130,309%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	212,1	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,372	- Liegt im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	98,397%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	208,7	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat ist klar, Filter leicht bräunlich...

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	39578,66	27,18	60,35	108,88	93,86	560,29	109,75	960,31	670,04
	unbeschriftete Seite	40462,18	23,38	70,00	120,06	122,43	665,40	68,57	1069,84	733,97
#2	beschriftete Seite	38535,87	23,45	67,87	103,17	125,99	589,31	70,17	979,96	659,48
	unbeschriftete Seite	39021,29	24,25	73,24	140,93	146,89	624,67	83,97	1093,95	708,64
Mittelwert:		39399,50	24,57	67,87	118,26	122,29	609,92	83,12	1026,02	693,03

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	55,98	79,60	-0,47	-0,65	56,58	71,67
			Messung 2	56,61	79,96	-0,32	-0,93	57,48	72,07
		beschriftete Seite	Messung 1	50,82	76,57	-0,86	-0,79	51,49	68,50
			Messung 2	51,33	76,88	-0,56	-0,78	52,00	69,00
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	51,58	77,03	-0,44	-0,45	51,88	69,51
			Messung 2	50,82	76,57	-0,75	-0,15	50,80	68,89
		beschriftete Seite	Messung 1	43,97	72,21	-1,51	-0,05	43,84	64,20
			Messung 2	44,65	72,66	-1,46	-0,28	44,68	64,41
	Mittelwert:			50,72	76,44	-0,80	-0,51	51,09	68,53
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	73,92	88,89	1,38	-3,09	77,96	88,65
			Messung 2	73,84	88,85	1,40	-3,13	77,90	88,63
		beschriftete Seite	Messung 1	73,97	88,91	1,34	-3,08	78,03	88,76
			Messung 2	74,04	88,94	1,36	-3,05	78,07	88,71
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	74,08	88,96	1,42	-3,05	78,09	89,19
			Messung 2	74,05	88,95	1,41	-3,07	78,05	89,04
		beschriftete Seite	Messung 1	74,03	88,94	1,37	-3,13	78,14	89,02
			Messung 2	74,04	88,94	1,34	-3,02	78,01	88,87
	Mittelwert:			74,00	88,92	1,38	-3,08	78,03	88,86
	Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	85,52	94,11	0,96	-0,21	85,79	95,80	
		#2	84,87	93,83	0,99	-0,39	85,40	95,52	
	Mittelwert:		85,20	93,97	0,98	-0,30	85,60	95,66	

Deinking-Versuch #30: ColorQube auf UPM Finesse premium silk

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde das Exttech-pH-Meter in Kombination mit der damit festgestellten Chemie verwendet.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 23 unbedruckte Blätter A8 (= 3 unbedruckte Blätter A5 – 1 Blatt A8)

Deinking-Lösung: 200 g Standard-Chemie + 200 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,55 – *Sehr gut!*

vor der Lagerung: 9,09

nach der Lagerung: 9,00

vor der Flotation: 7,95

Masse des Schaums: 1967,6 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	479,8	473,4	539,0	533,8	512,6	527,5
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,928	5,882	4,371	4,341	21,801	22,390
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,764	0,774	0,779	0,785	0,757	0,790
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,164	5,108	3,592	3,556	21,044	21,600
Stoffdichte [%]:	1,076%	1,079%	0,666%	0,666%	4,105%	4,095%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,078%		0,666%		4,100%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	2,349	2,303	1,167	1,179	13,249	13,569
Aschegehalt [%]:	45,488%	45,086%	32,489%	33,155%	62,959%	62,819%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	45,287%		32,822%		62,889%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	58,411%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	71,718%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	255,2	412,7	- Je auf 688 g auffüllen
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	202,6	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	0,935	- Viel zu wenig!
Korrekturfaktor:	---	144,385%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	292,5	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,382	- Jetzt im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	97,685%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	285,8	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat ist klar, der Filter wirkt aber etwas rosa...

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	49577,59	14,25	32,82	62,44	96,72	523,49	103,06	832,78	626,55
	unbeschriftete Seite	50346,48	14,60	32,54	67,04	103,97	493,67	147,59	859,41	641,26
#2	beschriftete Seite	57884,10	15,26	48,36	71,46	99,26	553,21	328,80	1116,35	882,01
	unbeschriftete Seite	55885,47	13,24	42,30	69,30	96,69	594,33	240,23	1056,09	834,56
Mittelwert:		53423,41	14,34	39,01	67,56	99,16	541,18	204,92	966,16	746,10

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	60,28	81,99	0,77	-0,36	60,61	73,72
			Messung 2	60,59	82,16	0,82	-0,45	61,03	74,10
		beschriftete Seite	Messung 1	62,33	83,09	1,21	-0,87	63,28	76,88
			Messung 2	64,20	84,07	1,36	-0,84	65,13	78,48
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	55,63	79,40	0,32	-0,20	55,74	70,61
			Messung 2	53,87	78,39	-0,06	0,06	53,70	69,19
		beschriftete Seite	Messung 1	58,88	81,22	0,69	-0,58	59,48	74,24
			Messung 2	60,14	81,92	0,96	-0,79	60,98	75,38
	Mittelwert:			59,49	81,53	0,76	-0,50	59,99	74,08
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	78,21	90,87	1,76	-0,74	79,29	90,59
			Messung 2	78,35	90,94	1,71	-0,69	79,40	90,59
		beschriftete Seite	Messung 1	78,35	90,94	1,68	-0,87	79,65	90,84
			Messung 2	78,97	91,22	1,63	-0,78	80,13	90,82
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	78,03	90,79	1,77	-0,68	79,04	90,81
			Messung 2	78,23	90,88	1,79	-0,66	79,23	91,06
		beschriftete Seite	Messung 1	78,45	90,99	1,74	-0,87	79,74	91,18
			Messung 2	78,32	90,92	1,69	-0,88	79,60	90,67
	Mittelwert:			78,36	90,94	1,72	-0,77	79,51	90,82
	Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								89,773%
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	84,20	93,54	2,30	0,26	83,82	95,92	
		#2	83,78	93,35	2,50	0,16	83,53	95,88	
	Mittelwert:		83,99	93,45	2,40	0,21	83,68	95,90	

Deinking-Versuch #31: ColorQube auf Modo Jet Plus

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde das Extech-pH-Meter in Kombination mit der damit festgestellten Chemie verwendet.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 110 unbedruckte Blätter A8 (= 7 unbedruckte Blätter A4 – 1 Blatt A7)

Deinking-Lösung: 400 g Standard-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,41 – *Sehr gut!*
 vor der Lagerung: 8,93
 nach der Lagerung: 8,81
 vor der Flotation: 7,87

Masse des Schaums: 1640,7 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	478,9	470,1	537,7	515,2	535,4	517,5
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	6,070	5,979	5,603	5,412	13,653	13,236
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,806	0,797	0,768	0,803	0,798	0,792
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,264	5,182	4,835	4,609	12,855	12,444
Stoffdichte [%]:	1,099%	1,102%	0,899%	0,895%	2,401%	2,405%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,101%		0,897%		2,403%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,132	1,109	0,722	0,695	6,155	5,947
Aschegehalt [%]:	21,505%	21,401%	14,933%	15,079%	47,880%	47,790%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	21,453%		15,006%		47,835%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	80,103%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	86,677%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	249,8	306,6	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	150,5	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,153	- Unterhalb des Solls...
Korrekturfaktor:	---	117,086%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	176,2	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,378	- Liegt im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	97,968%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	172,7	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar; Filter leicht rötlich-braun.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	24814,22	27,63	64,63	95,43	96,44	246,54	0,00	530,67	246,54
	unbeschriftete Seite	25640,75	29,23	79,89	99,96	121,67	288,38	0,00	619,13	288,38
#2	beschriftete Seite	23831,83	21,95	50,38	76,76	99,12	160,45	0,00	408,66	160,45
	unbeschriftete Seite	24152,02	26,79	65,33	117,87	83,65	213,47	0,00	507,11	213,47
Mittelwert:		24609,71	26,40	65,06	97,51	100,22	227,21	0,00	516,39	227,21

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _∞ bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	66,89	85,45	-0,05	-0,69	67,71	77,40
			Messung 2	66,70	85,35	-0,03	-0,72	67,55	77,36
		beschriftete Seite	Messung 1	65,96	84,98	-0,24	-0,96	67,11	76,87
			Messung 2	64,20	84,07	-0,36	-0,66	64,97	75,01
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	65,41	84,69	-0,39	-0,52	66,03	76,43
			Messung 2	65,46	84,72	-0,21	-0,64	66,19	76,63
		beschriftete Seite	Messung 1	61,33	82,56	-0,46	-0,87	62,29	74,00
			Messung 2	62,10	82,97	-0,55	-0,83	63,06	74,39
	Mittelwert:			64,76	84,35	-0,29	-0,74	65,61	76,01
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	81,52	92,36	0,27	-0,49	82,40
Messung 2				81,57	92,38	0,26	-0,46	82,38	90,73
beschriftete Seite			Messung 1	82,03	92,59	0,18	-0,33	82,70	90,83
			Messung 2	81,67	92,43	0,23	-0,50	82,54	90,48
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	81,44	92,33	0,32	-0,55	82,42	90,78
			Messung 2	81,43	92,32	0,22	-0,46	82,29	90,61
		beschriftete Seite	Messung 1	81,85	92,51	0,23	-0,43	82,63	90,76
			Messung 2	81,10	92,18	0,26	-0,72	82,27	90,48
Mittelwert:			81,58	92,39	0,25	-0,49	82,45	90,67	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								87,315%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	89,73	95,88	0,59	0,27	89,31	96,37	
		#2	89,72	95,88	0,60	0,24	89,36	96,40	
	Mittelwert:		89,73	95,88	0,60	0,26	89,34	96,39	

Deinking-Versuch #32: ColorQube auf UPM Digi Finesse premium silk

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde das Exttech-pH-Meter in Kombination mit der damit festgestellten Chemie verwendet.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 21 unbedruckte Blätter A8 (= 3 unbedruckte Blätter A5 – 3 Blätter A8)

Deinking-Lösung: 300 g Standard-Chemie + 100 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,76 – *Etwas hoch, aber OK.*

vor der Lagerung: 9,36

nach der Lagerung: 9,30

vor der Flotation: 8,10

Masse des Schaums: 1852,3 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	473,2	475,5	517,5	523,3	510,3	521,4
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,993	6,012	4,487	4,505	19,797	20,198
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,781	0,772	0,782	0,763	0,792	0,769
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,212	5,240	3,705	3,742	19,005	19,429
Stoffdichte [%]:	1,101%	1,102%	0,716%	0,715%	3,724%	3,726%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,102%		0,716%		3,725%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	2,123	2,142	1,220	1,230	10,771	10,987
Aschegehalt [%]:	40,733%	40,878%	32,928%	32,870%	56,675%	56,549%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	40,805%		32,899%		56,612%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	65,204%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	73,913%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	249,6	384,3	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	188,7	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	0,934	- Viel zu wenig!
Korrekturfaktor:	---	144,540%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	272,7	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,377	- Jetzt im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	98,039%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	267,4	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar, auch Membran nur ganz leicht orange.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	35152,06	28,88	55,19	108,85	116,02	490,29	45,47	844,70	535,76
	unbeschriftete Seite	29547,67	28,74	67,42	107,52	134,77	395,24	9,65	743,34	404,89
#2	beschriftete Seite	29055,25	27,63	62,37	102,61	100,27	304,10	26,65	623,63	330,75
	unbeschriftete Seite	26873,81	26,86	68,64	92,89	110,76	288,80	7,67	595,62	296,47
Mittelwert:		30157,20	28,03	63,41	102,97	115,46	369,61	22,36	701,82	391,97

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	57,31	80,35	0,01	0,39	56,86	71,52
			Messung 2	59,39	81,50	0,32	0,23	59,16	72,92
		beschriftete Seite	Messung 1	58,51	81,02	0,34	0,20	58,28	72,52
			Messung 2	59,38	81,50	0,49	0,18	59,16	73,37
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	63,73	83,83	0,78	0,37	63,31	75,86
			Messung 2	63,70	83,81	0,75	0,59	63,05	75,89
		beschriftete Seite	Messung 1	65,75	84,87	1,23	0,37	65,34	78,37
			Messung 2	65,78	84,88	1,30	0,26	65,48	78,43
		Mittelwert:		61,69	82,72	0,65	0,32	61,33	74,86
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	78,63	91,07	1,61	0,09	78,66	90,93
			Messung 2	78,79	91,14	1,59	0,13	78,78	90,88
		beschriftete Seite	Messung 1	78,85	91,17	1,57	-0,07	79,11	91,09
			Messung 2	78,69	91,09	1,59	-0,10	78,97	90,76
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	78,78	91,14	1,61	0,12	78,77	91,21
			Messung 2	78,95	91,21	1,62	0,06	79,00	91,35
		beschriftete Seite	Messung 1	78,89	91,18	1,57	-0,05	79,11	91,25
			Messung 2	79,02	91,25	1,55	-0,05	79,25	91,15
		Mittelwert:		78,83	91,16	1,59	0,02	78,96	91,08
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								89,647%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	94,50	97,83	0,40	2,22	91,05	97,69	
		#2	94,57	97,86	0,40	2,18	91,21	97,66	
	Mittelwert:		94,54	97,85	0,40	2,20	91,13	97,68	

Deinking-Versuch #33: ColorQube auf DNS Color Print

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde das Extech-pH-Meter in Kombination mit der damit festgestellten Chemie verwendet.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 5 unbedruckte Blätter A8

Deinking-Lösung: 400 g Standard-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,25 – *Etwas niedrig, aber OK.*
 vor der Lagerung: 8,83
 nach der Lagerung: 8,72
 vor der Flotation: 8,04

Masse des Schaums: 1952,0 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	490,4	479,4	532,4	529,8	474,8	490,9
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	6,149	5,992	4,933	4,919	15,363	15,899
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,803	0,777	0,795	0,770	0,777	0,784
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,346	5,215	4,138	4,149	14,586	15,115
Stoffdichte [%]:	1,090%	1,088%	0,777%	0,783%	3,072%	3,079%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,089%		0,780%		3,076%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,097	1,075	0,363	0,366	6,922	7,172
Aschegehalt [%]:	20,520%	20,614%	8,772%	8,821%	47,456%	47,450%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	20,567%		8,797%		47,453%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	69,373%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	79,652%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	252,5	352,5	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	173,0	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,266	- Etwas unterm Soll...
Korrekturfaktor:	---	106,635%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	184,5	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,351	- Sehr gut im Soll!
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	99,926%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	184,4	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat ist klar (war es vorher auch schon fast).

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	32135,08	14,29	27,80	42,82	52,78	184,03	24,39	346,11	208,42
	unbeschriftete Seite	38282,25	14,18	31,15	57,17	63,59	255,53	62,16	483,78	317,69
#2	beschriftete Seite	30895,03	10,98	36,83	34,39	45,40	167,24	18,71	313,55	185,95
	unbeschriftete Seite	30353,18	14,95	36,58	54,18	52,96	192,33	24,32	375,32	216,65
Mittelwert:		32916,39	13,60	33,09	47,14	53,68	199,78	32,40	379,69	232,18

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	68,18	86,10	0,89	-1,85	70,40	78,21
			Messung 2	66,68	85,34	0,84	-1,78	68,80	76,97
		beschriftete Seite	Messung 1	58,77	81,17	0,11	-1,24	60,10	70,53
			Messung 2	64,21	84,07	0,58	-1,55	66,00	75,04
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	65,59	84,79	0,74	-1,72	67,58	76,41
			Messung 2	65,38	84,68	0,80	-1,74	67,40	76,31
		beschriftete Seite	Messung 1	60,65	82,19	0,34	-1,45	62,23	72,92
			Messung 2	62,05	82,94	0,36	-1,41	63,60	73,85
	Mittelwert:			63,94	83,91	0,58	-1,59	65,76	75,03
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	82,55	92,82	1,03	-1,10	84,24	89,80
			Messung 2	82,63	92,85	1,04	-1,12	84,37	89,98
		beschriftete Seite	Messung 1	82,82	92,94	0,99	-0,92	84,27	89,98
			Messung 2	82,98	93,00	0,93	-0,81	84,31	90,12
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	82,75	92,91	1,07	-1,17	84,54	90,08
			Messung 2	82,87	92,96	1,05	-1,11	84,58	90,18
		beschriftete Seite	Messung 1	82,61	92,84	1,00	-1,07	84,29	90,06
			Messung 2	82,65	92,86	0,99	-1,08	84,33	89,78
	Mittelwert:			82,73	92,90	1,01	-1,05	84,37	90,00
	Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								86,622%
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	95,78	98,34	0,10	1,83	92,86	97,39	
		#2	95,84	98,37	0,08	1,86	92,87	97,49	
	Mittelwert:		95,81	98,36	0,09	1,85	92,87	97,44	

Deinking-Versuch #34: ColorQube auf Mohawk Loop Eco white vellum

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde das Exttech-pH-Meter verwendet. Mit diesem Gerät wurden zuvor die Vorversuche für dieses Papier wiederholt und eine **entsprechend angepasste Deinking-Chemie** erstellt.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 1 unbedrucktes Blatt A8

Deinking-Lösung: 300 g Standard-Chemie + 100 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,52 – *Super!*

vor der Lagerung: 9,10

nach der Lagerung: 9,01

vor der Flotation: 8,24

Masse des Schaums: zu viel für die Waage, daher wie folgt rechnen:

Entnahmegewichte (546,1 g + 545,0 g)

+ Gewicht des Restschaums inkl. Becher – **VERGESSEN**

– Leergewicht des Bechers (300,3 g)

= **NICHT BERECHENBAR**

=> Es wird ersatzweise mit dem Durchschnittswert der Schäume gerechnet, die mit anderen Druckfarben auf diesem Papier erhalten wurden (Versuche #11, #12, #14, #38, #48, #57 & #69), d. h. mit: 4300,1 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	491,1	480,4	517,3	536,3	546,1	545,0
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	6,306	6,196	4,005	4,163	13,077	13,048
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,788	0,791	0,755	0,798	0,781	0,784
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,518	5,405	3,250	3,365	12,296	12,264
Stoffdichte [%]:	1,124%	1,125%	0,628%	0,627%	2,252%	2,250%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,124%		0,628%		2,251%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,225	1,198	0,205	0,215	4,264	4,240
Aschegehalt [%]:	22,200%	22,165%	6,308%	6,389%	34,678%	34,573%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	22,182%		6,348%		34,625%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	52,174%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	62,790%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	244,6	438,0	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	215,0	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,317	- Ist im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor:	---	102,506%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	220,4	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar, Membranfilter wirkt leicht orange

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	24321,19	21,39	47,18	69,06	76,58	153,86	10,21	378,28	164,07
	unbeschriftete Seite	25012,15	19,62	45,64	75,61	59,51	161,07	10,07	371,52	171,14
#2	beschriftete Seite	20813,95	23,31	41,95	64,35	44,77	106,09	10,07	290,54	116,16
	unbeschriftete Seite	21731,15	16,58	54,49	70,87	71,04	91,98	10,21	315,17	102,19
Mittelwert:		22969,61	20,23	47,32	69,97	62,98	128,25	10,14	338,88	138,39

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	65,37	84,67	-0,24	-0,13	65,57	76,91
			Messung 2	64,53	84,24	-0,38	-0,16	64,75	76,27
		beschriftete Seite	Messung 1	62,25	83,04	-0,48	-0,08	62,37	74,68
			Messung 2	62,30	83,07	-0,30	-0,20	62,52	74,98
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	68,29	86,15	0,01	-0,36	68,76	78,89
			Messung 2	68,20	86,11	0,03	-0,32	68,64	78,89
		beschriftete Seite	Messung 1	64,97	84,47	-0,23	-0,38	65,47	76,47
			Messung 2	66,89	85,45	-0,17	-0,29	67,31	77,80
	Mittelwert:			65,35	84,65	-0,22	-0,24	65,67	76,86
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	82,56	92,82	-0,19	1,42	80,99
Messung 2				82,72	92,89	-0,20	1,43	81,12	90,57
beschriftete Seite			Messung 1	82,63	92,85	-0,25	1,56	80,89	90,39
			Messung 2	82,40	92,75	-0,23	1,50	80,74	89,95
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	82,63	92,85	-0,15	1,39	81,10	90,38
			Messung 2	82,51	92,80	-0,20	1,40	80,97	89,93
		beschriftete Seite	Messung 1	82,62	92,85	-0,22	1,48	80,97	90,13
			Messung 2	82,58	92,83	-0,26	1,54	80,87	90,24
Mittelwert:			82,58	92,83	-0,21	1,47	80,96	90,24	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								84,842%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	96,12	98,48	-0,05	2,08	92,86	97,87	
		#2	96,06	98,46	-0,08	2,08	92,80	97,77	
	Mittelwert:		96,09	98,47	-0,07	2,08	92,83	97,82	

Deinking-Versuch #35: ColorQube auf jetscript ML

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde das Extech-pH-Meter in Kombination mit der damit festgestellten Chemie verwendet.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 23 unbedruckte Blätter A8 (= 3 unbedruckte Blätter A5 – 1 Blatt A8)

Deinking-Lösung: 350 g Standard-Chemie + 50 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,62 – Gut!
 vor der Lagerung: 9,14
 nach der Lagerung: 9,05
 vor der Flotation: 7,98

Masse des Schaums: zu viel für die Waage, daher wie folgt rechnen:

Entnahmegewichte (534,0 g + 522,6 g)
 + Gewicht des Restschaums inkl. Becher (3838,8 g)
 – Leergewicht des Bechers (300,3 g)
 = 4595,1 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	488,7	482,9	556,5	512,3	534,0	522,6
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	6,232	6,222	5,343	4,987	9,371	9,251
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,767	0,788	0,768	0,778	0,803	0,811
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,465	5,434	4,575	4,209	8,568	8,440
Stoffdichte [%]:	1,118%	1,125%	0,822%	0,822%	1,604%	1,615%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,122%		0,822%		1,610%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	0,913	0,905	0,137	0,125	3,463	3,416
Aschegehalt [%]:	16,706%	16,654%	2,995%	2,970%	40,418%	40,474%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	16,680%		2,982%		40,446%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	63,367%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	73,785%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	245,1	334,6	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	164,3	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,347	- Sehr gut im Soll!
Korrekturfaktor:	---	100,223%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	164,6	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar (war es ja vorher schon).

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	16346,08	31,60	84,35	96,02	65,75	71,22	0,00	348,94	71,22
	unbeschriftete Seite	17303,62	35,02	84,56	109,23	72,64	72,99	15,12	389,56	88,11
#2	beschriftete Seite	17449,01	34,25	81,08	100,41	98,95	76,79	0,00	391,48	76,79
	unbeschriftete Seite	17799,61	38,12	94,63	126,16	90,80	99,47	0,00	449,18	99,47
Mittelwert:		17224,58	34,75	86,16	107,96	82,04	80,12	3,78	394,79	83,90

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _∞ bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	68,51	86,26	0,08	1,36	66,85	76,28
			Messung 2	67,84	85,93	-0,06	1,47	66,09	75,72
		beschriftete Seite	Messung 1	67,01	85,51	-0,23	1,48	65,28	75,16
			Messung 2	66,41	85,20	-0,25	1,36	64,79	74,63
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	67,62	85,81	0,06	1,15	66,20	75,71
			Messung 2	68,20	86,10	0,03	1,28	66,62	76,13
		beschriftete Seite	Messung 1	67,10	85,55	-0,31	1,34	65,48	75,12
			Messung 2	66,80	85,40	-0,32	1,30	65,21	74,93
	Mittelwert:			67,44	85,72	-0,13	1,34	65,82	75,46
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	87,66	95,02	-0,17	1,82	85,27
Messung 2				87,95	95,14	-0,18	1,85	85,52	91,70
beschriftete Seite			Messung 1	88,18	95,24	-0,15	1,72	85,91	91,86
			Messung 2	88,11	95,21	-0,16	1,72	85,77	91,59
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	87,66	95,02	-0,13	1,71	85,36	91,31
			Messung 2	87,79	95,07	-0,21	1,82	85,35	91,34
		beschriftete Seite	Messung 1	87,94	95,14	-0,15	1,74	85,59	91,51
			Messung 2	88,17	95,23	-0,16	1,71	85,89	91,75
Mittelwert:			87,93	95,13	-0,16	1,76	85,58	91,55	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								90,233%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	96,68	98,70	-0,05	2,24	93,11	97,82	
		#2	96,71	98,71	-0,06	2,26	93,07	97,83	
	Mittelwert:		96,70	98,71	-0,06	2,25	93,09	97,83	

Deinking-Versuch #36: ColorQube auf PaperOne Digital

Anmerkung: Für diesen Versuch wurde das Exttech-pH-Meter in Kombination mit der damit festgestellten Chemie verwendet.

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 76 unbedruckte Blätter A8 (= 5 unbedruckte Blätter A4 – 1 Blatt A6)

Deinking-Lösung: 400 g Standard-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,33 – Gut!
vor der Lagerung: 8,84
nach der Lagerung: 8,74
vor der Flotation: 7,92

Masse des Schaums: 1701,9 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	470,8	478,8	533,2	563,1	517,7	522,8
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,920	5,958	5,202	5,494	16,592	16,752
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,802	0,769	0,796	0,818	0,801	0,792
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,118	5,189	4,406	4,676	15,791	15,960
Stoffdichte [%]:	1,087%	1,084%	0,826%	0,830%	3,050%	3,053%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,085%		0,828%		3,052%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,246	1,263	0,576	0,610	8,813	8,906
Aschegehalt [%]:	24,345%	24,340%	13,073%	13,045%	55,810%	55,802%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	24,343%		13,059%		55,806%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	73,419%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	84,368%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	253,4	332,0	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	163,0	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,229	- Außerhalb des Solls...
Korrekturfaktor:	---	109,845%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	179,0	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,351	- Sehr gut im Soll!
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	99,926%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	178,9	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar, Filter leicht gelblich.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	32070,57	16,93	41,88	51,15	43,83	255,18	26,24	435,21	281,42
	unbeschriftete Seite	33521,50	16,69	44,56	84,94	75,85	295,32	26,17	543,53	321,49
#2	beschriftete Seite	29990,54	13,80	39,48	53,17	68,25	207,80	0,00	382,50	207,80
	unbeschriftete Seite	31081,25	19,09	41,67	74,28	92,54	256,12	17,84	501,54	273,96
Mittelwert:		31665,97	16,63	41,90	65,89	70,12	253,61	17,56	465,70	271,17

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	68,06	86,04	-0,25	-1,07	69,37	77,77
			Messung 2	67,22	85,61	-0,26	-1,03	68,47	77,15
		beschriftete Seite	Messung 1	63,21	83,55	-0,31	-0,90	64,25	74,39
			Messung 2	60,99	82,38	-0,55	-0,93	62,03	72,37
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	65,05	84,51	-0,33	-0,92	66,14	75,73
			Messung 2	65,13	84,55	-0,39	-1,01	66,29	75,61
		beschriftete Seite	Messung 1	63,13	83,51	-0,63	-0,77	64,01	74,32
			Messung 2	63,41	83,66	-0,68	-0,70	64,22	74,29
	Mittelwert:			64,53	84,23	-0,43	-0,92	65,60	75,20
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	82,56	92,82	-0,14	-0,76	83,82	89,95
			Messung 2	82,56	92,82	-0,14	-0,77	83,84	89,88
		beschriftete Seite	Messung 1	82,72	92,89	-0,18	-0,63	83,81	89,81
			Messung 2	82,88	92,96	-0,17	-0,57	83,89	90,00
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	82,70	92,88	-0,14	-0,73	83,91	89,85
			Messung 2	82,81	92,93	-0,14	-0,71	83,99	90,03
		beschriftete Seite	Messung 1	83,05	93,04	-0,15	-0,58	84,04	90,09
			Messung 2	82,87	92,96	-0,16	-0,64	83,97	89,96
	Mittelwert:			82,77	92,91	-0,15	-0,67	83,91	89,95
	Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								86,255%
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	95,51	98,24	-0,06	1,69	92,82	97,30	
		#2	95,53	98,24	-0,07	1,75	92,77	97,34	
	Mittelwert:		95,52	98,24	-0,07	1,72	92,80	97,32	

Deinking-Versuch #37: Versant Press auf Navigator

Anmerkung: Ab diesem Versuch musste wieder das Hach-Messgerät verwendet werden – allerdings mit einer neuen, frisch kalibrierten Elektrode. Es wurde nun vor jeder Messung in kontrolliert, ob die Elektrode verunreinigt ist (also ob der pH-Wert in Leitungswasser größer als 7,90 ist). In diesem Fall wurde die Elektrode in Leitungswasser so lange gerührt, bis der pH-Wert entsprechend gesunken war. Die mit dem Extech-Messgerät bestimmte Chemie für die Vorversuche wurde wegen den guten Erfolgen bei den mit dem Extech festgestellten Versuchen für die entsprechenden Papiere beibehalten. Diese Anmerkung gilt für alle nachfolgenden Versuche und wird dort nicht nochmal wiederholt.

Papiermenge: 15 Drucke A3

Deinking-Lösung: 300 g Standard-Chemie + 100 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,55 – Sehr gut!

vor der Lagerung: 8,88

nach der Lagerung: 8,77

vor der Flotation: 7,87

Masse des Schaums: 1765,7 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	491,3	469,8	532,3	530,5	520,4	506,8
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	6,019	5,752	5,122	5,062	16,018	15,457
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,813	0,796	0,783	0,774	0,799	0,780
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,206	4,956	4,339	4,288	15,219	14,677
Stoffdichte [%]:	1,060%	1,055%	0,815%	0,808%	2,924%	2,896%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,057%		0,812%		2,910%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,213	1,159	0,383	0,377	9,700	9,334
Aschegehalt [%]:	23,300%	23,386%	8,827%	8,792%	63,736%	63,596%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	23,343%		8,809%		63,666%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	72,999%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	86,839%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	260,1	338,8	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	166,3	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,273	- Außerhalb des Solls...
Korrekturfaktor:	---	106,049%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	176,4	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,356	- Gut im Soll-Bereich!
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	99,558%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	175,6	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar, Filter fast weiß!

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	7433,94	15,05	14,81	6,97	0,00	2,20	0,00	39,03	2,20
	unbeschriftete Seite	8467,22	20,00	15,37	13,87	4,32	5,05	0,00	58,61	5,05
#2	beschriftete Seite	14984,04	13,14	17,04	10,52	9,41	33,80	0,00	83,91	33,80
	unbeschriftete Seite	12070,95	19,09	23,45	11,29	4,36	8,54	22,93	89,66	31,47
Mittelwert:		10739,04	16,82	17,67	10,66	4,52	12,40	5,73	67,80	18,13

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _∞ bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	71,82	87,88	0,78	-1,78	74,02	74,93
			Messung 2	72,05	87,99	0,78	-1,75	74,21	75,22
		beschriftete Seite	Messung 1	71,47	87,71	0,78	-1,73	73,57	74,57
			Messung 2	71,27	87,61	0,72	-1,69	73,34	74,35
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	72,36	88,14	0,80	-1,85	74,64	75,50
			Messung 2	72,39	88,16	0,75	-1,74	74,57	75,50
		beschriftete Seite	Messung 1	71,78	87,86	0,78	-1,80	73,97	74,86
			Messung 2	71,52	87,74	0,82	-1,92	73,85	74,71
		Mittelwert:		71,83	87,89	0,78	-1,78	74,02	74,96
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	84,89	93,84	0,96	-1,90	87,73	89,46
			Messung 2	84,92	93,85	0,94	-1,90	87,78	89,46
		beschriftete Seite	Messung 1	84,89	93,84	0,84	-1,66	87,42	89,31
			Messung 2	84,94	93,86	0,86	-1,72	87,56	89,41
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	84,87	93,83	0,95	-1,91	87,72	89,42
			Messung 2	84,77	93,78	0,91	-1,84	87,53	89,26
		beschriftete Seite	Messung 1	85,02	93,89	0,91	-1,82	87,77	89,58
			Messung 2	84,97	93,87	0,92	-1,82	87,72	89,51
		Mittelwert:		84,91	93,85	0,91	-1,82	87,65	89,43
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								85,060%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	96,37	98,58	0,03	0,21	96,03	97,53	
		#2	96,44	98,61	0,03	0,17	96,14	97,52	
	Mittelwert:		96,41	98,60	0,03	0,19	96,09	97,53	

Deinking-Versuch #38: Versant Press auf Mohawk Loop Eco white vellum

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 1 unbedrucktes Blatt A8

Deinking-Lösung: 300 g Standard-Chemie + 100 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,59 – *sehr gut!*

vor der Lagerung: 9,06

nach der Lagerung: 9,00

vor der Flotation: 8,17

Masse des Schaums: zu viel für die Waage, daher wie folgt rechnen:

Entnahmegewichte (555,7 g + 544,7 g)

+ Gewicht des Restschaums inkl. Becher (3899,4 g)

– Leergewicht des Bechers (300,4 g)

= 4699,4 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	480,5	478,0	558,9	534,8	555,7	544,7
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,974	5,942	4,572	4,402	12,035	11,798
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,785	0,772	0,808	0,802	0,791	0,795
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,189	5,170	3,764	3,600	11,244	11,003
Stoffdichte [%]:	1,080%	1,082%	0,673%	0,673%	2,023%	2,020%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,081%		0,673%		2,022%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,190	1,187	0,288	0,272	4,337	4,248
Aschegehalt [%]:	22,933%	22,959%	7,651%	7,556%	38,572%	38,608%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	22,946%		7,603%		38,590%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	51,162%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	61,349%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	254,5	408,4	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	200,5	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,287	- Etwas unterm Soll...
Korrekturfaktor:	---	104,895%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	210,3	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,358	- Gut im Soll-Bereich!
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	99,411%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	209,1	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Das Filtrat ist klar, der Membranfilter weiß.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	10040,62	12,54	9,72	6,24	4,70	2,30	8,22	43,72	10,52
	unbeschriftete Seite	7377,52	9,69	9,23	4,49	0,00	2,40	0,00	25,81	2,40
#2	beschriftete Seite	8162,97	10,98	8,50	5,82	1,25	2,33	0,00	28,88	2,33
	unbeschriftete Seite	8859,12	10,73	15,19	4,60	1,29	4,70	0,00	36,51	4,70
Mittelwert:		8610,06	10,99	10,66	5,29	1,81	2,93	2,06	33,73	4,99

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _∞ bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	75,38	89,57	-0,61	0,46	74,80	75,64
			Messung 2	75,55	89,65	-0,62	0,50	74,93	75,89
		beschriftete Seite	Messung 1	75,56	89,65	-0,62	0,43	75,00	75,83
			Messung 2	75,20	89,48	-0,67	0,53	74,54	75,39
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	75,58	89,66	-0,60	0,49	74,98	75,90
			Messung 2	75,64	89,69	-0,61	0,50	75,00	75,99
		beschriftete Seite	Messung 1	75,82	89,78	-0,63	0,45	75,24	76,07
			Messung 2	75,32	89,54	-0,64	0,36	74,83	75,49
	Mittelwert:			75,51	89,63	-0,63	0,47	74,92	75,78
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	90,95	96,39	-1,09	3,11	86,96
Messung 2				90,80	96,33	-1,10	3,10	86,84	91,91
beschriftete Seite			Messung 1	90,52	96,21	-1,09	3,10	86,54	91,58
			Messung 2	90,35	96,14	-1,09	3,02	86,48	91,34
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	90,75	96,31	-1,06	3,03	86,85	91,84
			Messung 2	90,71	96,29	-1,05	2,98	86,89	91,78
		beschriftete Seite	Messung 1	90,59	96,24	-1,09	3,07	86,66	91,63
			Messung 2	90,45	96,18	-1,09	3,05	86,57	91,53
Mittelwert:			90,64	96,26	-1,08	3,06	86,72	91,71	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								90,312%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	97,62	99,07	-0,46	1,17	95,88	98,06	
		#2	97,94	99,20	-0,30	0,86	96,59	98,33	
	Mittelwert:		97,78	99,14	-0,38	1,02	96,24	98,20	

Deinking-Versuch #39: Versant Press auf Modo Jet Plus

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 110 unbedruckte Blätter A8 (= 7 unbedruckte Blätter A4 – 1 Blatt A7)

Deinking-Lösung: 400 g Standard-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,09 – *Sehr niedrig, aber noch OK.*

vor der Lagerung: 8,56

nach der Lagerung: 8,36

vor der Flotation: 7,73

Masse des Schaums: 1349,2 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	478,4	470,5	551,0	531,6	480,9	467,5
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,942	5,767	5,867	5,667	10,836	10,484
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,812	0,772	0,789	0,799	0,806	0,788
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,130	4,995	5,078	4,868	10,030	9,696
Stoffdichte [%]:	1,072%	1,062%	0,922%	0,916%	2,086%	2,074%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,067%		0,919%		2,080%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,134	1,113	0,832	0,791	5,808	5,606
Aschegehalt [%]:	22,105%	22,282%	16,384%	16,249%	57,906%	57,818%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	22,194%		16,317%		57,862%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	85,389%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	91,839%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	257,7	299,3	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	147,0	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,152	- Unterhalb des Solls...
Korrekturfaktor:	---	117,188%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	172,2	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,390	- Noch im Soll-Bereich!
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	97,122%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	167,3	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar und Filter nicht gefärbt!

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	11017,59	13,59	11,25	4,84	2,54	2,20	14,84	49,26	17,04
	unbeschriftete Seite	12505,48	13,52	10,70	1,50	2,75	2,26	24,70	55,43	26,96
#2	beschriftete Seite	10587,79	15,40	10,07	5,47	2,75	17,77	0,00	51,46	17,77
	unbeschriftete Seite	8244,87	16,97	16,06	9,20	1,39	5,75	0,00	49,37	5,75
Mittelwert:		10588,93	14,87	12,02	5,25	2,36	7,00	9,89	51,38	16,88

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _∞ bei 700 nm	
UP #1	unbeschriftete Seite	Messung 1	73,24	88,56	-0,36	-0,21	73,49	74,98	
		Messung 2	72,73	88,32	-0,38	-0,24	73,01	74,56	
		beschriftete Seite	Messung 1	71,40	87,68	-0,43	-0,23	71,67	73,15
			Messung 2	71,61	87,78	-0,38	-0,23	71,85	73,38
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	73,63	88,75	-0,35	-0,23	73,92	75,45
			Messung 2	73,26	88,57	-0,36	-0,26	73,57	75,10
		beschriftete Seite	Messung 1	71,90	87,92	-0,37	-0,25	72,18	73,79
			Messung 2	71,19	87,58	-0,33	-0,34	71,57	73,11
	Mittelwert:		72,37	88,15	-0,37	-0,25	72,66	74,19	
	DP #1	unbeschriftete Seite	Messung 1	88,08	95,19	-0,56	0,46	87,64	90,96
Messung 2			88,05	95,18	-0,53	0,48	87,58	90,92	
beschriftete Seite			Messung 1	87,91	95,12	-0,57	0,65	87,22	90,71
			Messung 2	87,69	95,03	-0,55	0,58	87,07	90,43
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	88,20	95,24	-0,54	0,54	87,64	91,00
			Messung 2	87,95	95,14	-0,55	0,55	87,37	90,73
		beschriftete Seite	Messung 1	87,73	95,05	-0,57	0,57	87,11	90,33
			Messung 2	88,01	95,17	-0,52	0,54	87,45	90,95
Mittelwert:		87,95	95,14	-0,55	0,55	87,39	90,75		
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								89,509%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	94,42	97,80	-0,11	-0,06	94,50	97,09	
		#2	94,67	97,90	-0,26	-0,01	94,66	97,16	
	Mittelwert:		94,55	97,85	-0,19	-0,04	94,58	97,13	

Deinking-Versuch #40: Versant Press auf UPM Digi Finesse premium silk

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 21 unbedruckte Blätter A8 (= 3 unbedruckte Blätter A5 – 3 Blätter A8)

Deinking-Lösung: 300 g Standard-Chemie + 100 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,75 – *Etwas hoch, aber OK.*

vor der Lagerung: 9,19

nach der Lagerung: 9,17

vor der Flotation: 8,03

Masse des Schaums: 1458,3 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	474,0	476,2	557,8	561,0	474,9	486,2
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,816	5,834	5,103	5,117	16,757	17,099
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,797	0,782	0,799	0,783	0,793	0,779
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,019	5,052	4,304	4,334	15,964	16,320
Stoffdichte [%]:	1,059%	1,061%	0,772%	0,773%	3,362%	3,357%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,060%		0,772%		3,359%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	2,096	2,105	1,496	1,509	10,302	10,507
Aschegehalt [%]:	41,761%	41,667%	34,758%	34,818%	64,533%	64,381%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	41,714%		34,788%		64,457%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	74,323%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	83,155%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	259,5	356,2	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	174,9	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	0,907	- Viel zu wenig!
Korrekturfaktor:	---	148,842%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	260,3	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,403	- Knapp überm Soll...
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	96,222%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 3. Laborblatt [g]:	---	250,4	
Trockengewicht des 3. Laborblatts [g]:	---	1,322	- Jetzt im Soll-Bereich!
Korrekturfaktor für das 3. Laborblatt:	---	102,118%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – <i>final</i> :	---	255,7	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar (trotz vorheriger Trübung), Filter hell.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	11112,99	19,13	24,77	9,65	12,40	15,71	0,00	81,66	15,71
	unbeschriftete Seite	11136,08	22,16	20,00	20,52	18,33	9,06	0,00	90,07	9,06
#2	beschriftete Seite	9456,83	20,80	23,94	10,10	10,66	6,20	0,00	71,70	6,20
	unbeschriftete Seite	9958,33	17,70	23,00	16,69	12,26	1,99	0,00	71,64	1,99
Mittelwert:		10416,06	19,95	22,93	14,24	13,41	8,24	0,00	78,77	8,24

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	75,34	89,55	-0,52	0,28	75,02	76,98
			Messung 2	75,39	89,57	-0,42	0,24	75,07	77,28
		beschriftete Seite	Messung 1	77,06	90,35	-0,43	0,12	76,90	78,68
			Messung 2	76,37	90,03	-0,45	0,10	76,23	77,94
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	75,84	89,78	-0,43	0,14	75,65	77,41
			Messung 2	75,70	89,72	-0,38	0,08	75,59	77,62
		beschriftete Seite	Messung 1	77,48	90,54	-0,56	0,28	77,11	79,02
			Messung 2	77,10	90,37	-0,49	0,13	76,92	78,70
	Mittelwert:			76,29	89,99	-0,46	0,17	76,06	77,95
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	87,84	95,09	-0,15	0,29	87,56	91,87
			Messung 2	87,70	95,03	-0,22	0,32	87,39	91,57
		beschriftete Seite	Messung 1	87,72	95,04	-0,17	0,33	87,38	91,54
			Messung 2	87,84	95,09	-0,21	0,43	87,38	91,85
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	87,58	94,98	-0,13	0,26	87,35	91,79
			Messung 2	87,66	95,02	-0,14	0,37	87,29	91,79
		beschriftete Seite	Messung 1	87,61	95,00	-0,22	0,36	87,25	91,65
			Messung 2	87,55	94,97	-0,23	0,46	87,08	91,50
	Mittelwert:			87,69	95,03	-0,18	0,35	87,34	91,70
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:									87,936%
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	97,61	99,07	-0,23	0,73	96,41	98,18	
		#2	97,63	99,08	-0,26	0,82	96,33	98,24	
	Mittelwert:		97,62	99,08	-0,25	0,78	96,37	98,21	

Deinking-Versuch #41: Versant Press auf maxiscript

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 10 unbedruckte Blätter A8 (= 5 unbedruckte Blätter A7)

Deinking-Lösung: 300 g Standard-Chemie + 100 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 10,04 – *Mit Runden gerade noch OK, aber warum so hoch?*

vor der Lagerung: 9,45

nach der Lagerung: 9,45

vor der Flotation: 8,15

Masse des Schaums: 1383,6 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	486,5	468,4	533,5	552,1	487,7	467,0
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,828	5,677	5,280	5,469	12,823	12,330
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,787	0,818	0,804	0,778	0,795	0,794
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,041	4,859	4,476	4,691	12,028	11,536
Stoffdichte [%]:	1,036%	1,037%	0,839%	0,850%	2,466%	2,470%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,037%		0,844%		2,468%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,596	1,543	1,138	1,183	7,301	7,009
Aschegehalt [%]:	31,660%	31,756%	25,424%	25,219%	60,700%	60,758%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	31,708%		25,321%		60,729%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	81,700%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	89,341%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	265,2	325,7	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	159,9	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,030	- Zu niedrig!
Korrekturfaktor:	---	131,068%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	209,6	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,318	- Gut im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	102,428%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	214,7	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat so klar, wie es vor der Membran trüb war!

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	12067,98	22,12	27,52	9,83	5,96	26,55	10,31	102,29	36,86
	unbeschriftete Seite	11928,14	25,26	39,51	18,81	15,47	30,35	0,00	129,40	30,35
#2	beschriftete Seite	11726,64	25,57	23,62	9,62	8,47	29,82	7,77	104,87	37,59
	unbeschriftete Seite	12923,88	28,60	42,58	27,18	15,23	14,60	28,60	156,79	43,20
Mittelwert:		12161,66	25,39	33,31	16,36	11,28	25,33	11,67	123,34	37,00

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	72,80	88,35	0,33	-1,45	74,48	76,64
			Messung 2	73,11	88,50	0,35	-1,41	74,83	77,16
		beschriftete Seite	Messung 1	72,53	88,22	0,19	-1,23	74,02	76,12
			Messung 2	72,64	88,28	0,18	-1,16	73,98	76,21
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	72,73	88,32	0,36	-1,49	74,48	76,64
			Messung 2	72,75	88,33	0,34	-1,47	74,46	76,51
		beschriftete Seite	Messung 1	72,70	88,31	0,24	-1,32	74,22	76,21
			Messung 2	73,60	88,73	0,16	-1,07	74,85	76,92
		Mittelwert:		72,86	88,38	0,27	-1,33	74,42	76,55
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	84,70	93,75	1,00	-2,56	88,25	92,73
			Messung 2	84,67	93,74	0,96	-2,47	88,17	92,86
		beschriftete Seite	Messung 1	84,47	93,65	1,02	-2,57	88,09	92,88
			Messung 2	84,71	93,76	0,97	-2,45	88,16	92,99
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	84,54	93,69	1,05	-2,67	88,26	92,96
			Messung 2	84,61	93,72	1,04	-2,61	88,27	92,77
		beschriftete Seite	Messung 1	84,67	93,74	1,00	-2,51	88,16	92,77
			Messung 2	84,34	93,60	1,06	-2,63	87,98	92,51
		Mittelwert:		84,59	93,71	1,01	-2,56	88,17	92,81
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								92,242%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	96,54	98,64	-0,30	0,62	95,63	98,03	
		#2	96,36	98,58	-0,24	0,51	95,55	97,93	
	Mittelwert:		96,45	98,61	-0,27	0,57	95,59	97,98	

Deinking-Versuch #42: Versant Press auf UPM Finesse premium silk

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 23 unbedruckte Blätter A8 (= 3 unbedruckte Blätter A5 – 1 Blatt A8)

Deinking-Lösung: 200 g Standard-Chemie + 200 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,60 – *Sehr gut!*

vor der Lagerung: 8,99

nach der Lagerung: 8,90

vor der Flotation: 7,90

Masse des Schaums: 1570,9 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	460,4	486,6	521,7	540,5	504,4	490,2
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,581	5,843	4,588	4,773	19,695	19,104
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,797	0,790	0,781	0,819	0,803	0,801
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	4,784	5,053	3,807	3,954	18,892	18,303
Stoffdichte [%]:	1,039%	1,038%	0,730%	0,732%	3,745%	3,734%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,039%		0,731%		3,740%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	2,206	2,331	1,397	1,449	13,317	12,872
Aschegehalt [%]:	46,112%	46,131%	36,696%	36,646%	70,490%	70,327%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	46,122%		36,671%		70,409%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	68,581%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	80,611%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	264,7	376,4	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	184,8	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	0,868	- Wirklich viel zu wenig!
Korrekturfaktor:	---	155,530%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	287,4	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,394	- Gerade noch im Soll!
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	96,844%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	278,3	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar, Filter weiß.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	11642,87	44,21	51,11	47,21	30,21	35,05	0,00	207,79	35,05
	unbeschriftete Seite	12702,91	41,91	62,61	47,18	30,21	53,20	0,00	235,11	53,20
#2	beschriftete Seite	12361,20	45,82	58,39	65,64	31,67	35,43	0,00	236,95	35,43
	unbeschriftete Seite	13422,88	44,95	60,45	61,15	34,11	41,57	18,22	260,45	59,79
Mittelwert:		12532,47	44,22	58,14	55,30	31,55	41,31	4,56	235,08	45,87

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _∞ bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	75,57	89,66	-0,30	-0,02	75,54	77,12
			Messung 2	75,83	89,78	-0,33	0,03	75,76	77,41
		beschriftete Seite	Messung 1	79,70	91,55	-0,51	0,26	79,31	80,80
			Messung 2	79,67	91,54	-0,47	0,14	79,40	80,73
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	76,19	89,95	-0,32	0,03	76,13	77,78
			Messung 2	76,25	89,97	-0,29	0,02	76,17	77,76
		beschriftete Seite	Messung 1	80,57	91,94	-0,46	0,18	80,26	81,66
			Messung 2	80,18	91,77	-0,50	0,18	79,90	81,14
	Mittelwert:			78,00	90,77	-0,40	0,10	77,81	79,30
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	89,09	95,62	-0,18	0,48	88,55
Messung 2				88,92	95,55	-0,19	0,49	88,38	92,57
beschriftete Seite			Messung 1	89,18	95,66	-0,23	0,60	88,43	92,54
			Messung 2	89,06	95,61	-0,25	0,61	88,31	92,53
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	88,92	95,55	-0,14	0,44	88,41	92,60
			Messung 2	88,94	95,56	-0,13	0,40	88,51	92,63
		beschriftete Seite	Messung 1	88,90	95,54	-0,14	0,46	88,37	92,63
			Messung 2	89,08	95,61	-0,15	0,49	88,49	92,58
Mittelwert:			89,01	95,59	-0,18	0,50	88,43	92,62	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								89,106%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	97,10	98,87	-0,39	1,10	95,46	98,01	
		#2	97,25	98,93	-0,34	1,03	95,69	98,13	
	Mittelwert:		97,18	98,90	-0,37	1,07	95,58	98,07	

Deinking-Versuch #43: Versant Press auf DNS Color Print

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 5 unbedruckte Blätter A8

Deinking-Lösung: 400 g Standard-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,19 – *Ziemlich niedrig, aber OK.*

vor der Lagerung: 8,71

nach der Lagerung: 8,62

vor der Flotation: 7,99

Masse des Schaums: 988,1 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	492,7	471,2	535,8	549,4	464,7	471,5
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	6,432	6,156	5,530	5,713	12,017	12,207
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,792	0,795	0,785	0,814	0,792	0,789
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,640	5,361	4,745	4,899	11,225	11,418
Stoffdichte [%]:	1,145%	1,138%	0,886%	0,892%	2,416%	2,422%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,141%		0,889%		2,419%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,199	1,145	0,776	0,800	6,279	6,374
Aschegehalt [%]:	21,259%	21,358%	16,354%	16,330%	55,938%	55,824%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	21,308%		16,342%		55,881%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	88,366%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	93,943%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	241,0	309,5	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	151,9	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,185	- Etwas unterm Soll.
Korrekturfaktor:	---	113,924%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	173,1	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,374	- Jetzt im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	98,253%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	170,0	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat ist so klar wie der Filter weiß ist.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	9413,20	12,51	6,45	2,09	2,72	2,09	9,65	35,51	11,74
	unbeschriftete Seite	7769,67	18,15	15,57	5,68	3,03	4,39	0,00	46,82	4,39
#2	beschriftete Seite	14278,61	14,15	9,83	3,87	4,84	11,15	24,46	68,30	35,61
	unbeschriftete Seite	7408,15	18,99	13,97	8,64	1,36	2,26	0,00	45,22	2,26
Mittelwert:		9717,41	15,95	11,46	5,07	2,99	4,97	8,53	48,96	13,50

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	72,12	88,03	0,74	-1,78	74,30	74,78
			Messung 2	72,09	88,01	0,70	-1,73	74,21	74,74
		beschriftete Seite	Messung 1	71,25	87,61	0,58	-1,47	73,06	73,74
			Messung 2	70,90	87,44	0,63	-1,60	72,84	73,44
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	72,10	88,02	0,70	-1,71	74,19	74,69
			Messung 2	72,12	88,03	0,74	-1,74	74,25	74,76
		beschriftete Seite	Messung 1	71,25	87,61	0,64	-1,56	73,15	73,80
			Messung 2	71,57	87,76	0,67	-1,66	73,59	74,15
	Mittelwert:			71,68	87,81	0,68	-1,66	73,70	74,26
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	84,57	93,70	1,22	-2,33	87,98
Messung 2				84,77	93,79	1,26	-2,34	88,18	88,99
beschriftete Seite			Messung 1	84,80	93,80	1,14	-2,13	87,92	88,89
			Messung 2	84,72	93,76	1,13	-2,12	87,82	88,76
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	84,68	93,74	1,27	-2,40	88,16	88,85
			Messung 2	84,80	93,80	1,25	-2,36	88,25	89,01
		beschriftete Seite	Messung 1	84,72	93,76	1,16	-2,19	87,93	88,80
			Messung 2	84,73	93,77	1,15	-2,17	87,94	88,80
Mittelwert:			84,72	93,77	1,20	-2,26	88,02	88,86	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								84,336%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	96,83	98,76	-0,06	0,30	96,28	97,61	
		#2	96,97	98,82	-0,05	0,34	96,42	97,78	
	Mittelwert:		96,90	98,79	-0,06	0,32	96,35	97,70	

Deinking-Versuch #44: Versant Press auf PaperOne Digital

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 76 unbedruckte Blätter A8 (= 5 unbedruckte Blätter A4 – 1 Blatt A6)

Deinking-Lösung: 400 g Standard-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,94 – *Sehr hoch, warum? Aber noch im Rahmen.*

vor der Lagerung: 9,26

nach der Lagerung: 9,17

vor der Flotation: 7,97

Masse des Schaums: 1106,7 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	476,7	479,4	553,1	530,2	482,4	496,2
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,835	5,886	5,689	5,482	12,958	13,283
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,798	0,801	0,791	0,793	0,788	0,793
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,037	5,085	4,898	4,689	12,170	12,490
Stoffdichte [%]:	1,057%	1,061%	0,886%	0,884%	2,523%	2,517%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,059%		0,885%		2,520%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,265	1,273	0,948	0,905	7,124	7,307
Aschegehalt [%]:	25,114%	25,034%	19,355%	19,300%	58,537%	58,503%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	25,074%		19,328%		58,520%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	85,365%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	91,912%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	259,8	310,7	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	152,5	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,162	- Etwas unterm Soll.
Korrekturfaktor:	---	116,179%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	177,2	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,361	- Jetzt gut im Soll!
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	99,192%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	175,8	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar, Filter weiß.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	9621,84	24,77	23,13	13,03	7,70	17,04	0,00	85,67	17,04
	unbeschriftete Seite	8928,13	32,82	30,87	13,27	12,37	16,20	0,00	105,53	16,20
#2	beschriftete Seite	9685,71	22,82	18,78	12,02	4,32	15,12	0,00	73,06	15,12
	unbeschriftete Seite	8449,38	32,82	38,12	10,38	7,63	8,95	0,00	97,90	8,95
Mittelwert:		9171,27	28,31	27,73	12,18	8,01	14,33	0,00	90,54	14,33

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _∞ bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	75,55	89,65	-0,77	-0,47	76,12	76,97
			Messung 2	75,64	89,69	-0,78	-0,45	76,20	77,07
		beschriftete Seite	Messung 1	70,17	87,08	-0,70	-0,34	70,54	71,88
			Messung 2	73,20	88,54	-0,85	-0,25	73,51	74,69
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	75,56	89,66	-0,83	-0,36	76,01	77,01
			Messung 2	75,28	89,52	-0,83	-0,35	75,73	76,68
		beschriftete Seite	Messung 1	71,74	87,84	-0,76	-0,30	72,10	73,28
			Messung 2	72,71	88,31	-0,75	-0,37	73,17	74,30
	Mittelwert:			73,73	88,79	-0,78	-0,36	74,17	75,24
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	88,73	95,47	-1,40	-0,09	89,08
Messung 2				88,68	95,44	-1,39	-0,10	89,04	90,38
beschriftete Seite			Messung 1	88,64	95,43	-1,37	-0,04	88,91	90,31
			Messung 2	88,58	95,41	-1,35	-0,04	88,85	90,24
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	88,63	95,42	-1,28	-0,25	89,14	90,35
			Messung 2	88,57	95,40	-1,33	-0,18	89,02	90,23
		beschriftete Seite	Messung 1	88,63	95,43	-1,39	-0,04	88,92	90,33
			Messung 2	88,56	95,40	-1,32	-0,09	88,90	90,24
Mittelwert:			88,63	95,43	-1,35	-0,10	88,98	90,32	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								87,273%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	97,25	98,93	-0,31	0,61	96,28	97,81	
		#2	97,22	98,92	-0,34	0,61	96,25	97,77	
	Mittelwert:		97,24	98,93	-0,33	0,61	96,27	97,79	

Deinking-Versuch #45: Versant Press auf jetscript ML

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 23 unbedruckte Blätter A8 (= 3 unbedruckte Blätter A5 – 1 Blatt A8)

Deinking-Lösung: 350 g Standard-Chemie + 50 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,69 – *Gut!*

vor der Lagerung: 9,02

nach der Lagerung: 8,96

vor der Flotation: 7,96

Masse des Schaums: zu viel für die Waage, daher wie folgt rechnen:

Entnahmegewichte (541,2 g + 530,9 g)

+ Gewicht des Restschaums inkl. Becher (3533,3 g)

– Leergewicht des Bechers (300,5 g)

= 4304,9 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	483,7	496,8	529,5	518,1	514,2	530,9
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	6,063	6,183	5,094	4,991	8,593	8,850
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,814	0,793	0,795	0,794	0,793	0,807
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,249	5,390	4,299	4,197	7,800	8,043
Stoffdichte [%]:	1,085%	1,085%	0,812%	0,810%	1,517%	1,515%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,085%		0,811%		1,516%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	0,903	0,925	0,134	0,135	3,599	3,699
Aschegehalt [%]:	17,203%	17,161%	3,117%	3,217%	46,141%	45,990%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	17,182%		3,167%		46,066%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	66,587%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	77,855%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	253,4	339,1	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	166,5	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,356	- Sehr gut im Soll!
Korrekturfaktor:	---	99,558%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	165,7	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat natürlich klar (war es vorher ja auch schon).

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	8570,67	31,29	23,80	13,55	1,39	17,28	0,00	87,31	17,28
	unbeschriftete Seite	7847,27	31,67	27,39	9,44	7,18	4,88	0,00	80,56	4,88
#2	beschriftete Seite	8461,49	27,42	24,81	15,64	6,06	4,04	0,00	77,97	4,04
	unbeschriftete Seite	7059,61	31,50	21,22	10,10	2,96	2,02	0,00	67,80	2,02
Mittelwert:		7984,76	30,47	24,31	12,18	4,40	7,06	0,00	78,41	7,06

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _∞ bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	74,06	88,95	-0,38	0,50	73,41	75,62
			Messung 2	73,89	88,87	-0,31	0,46	73,26	75,49
		beschriftete Seite	Messung 1	73,18	88,54	-0,24	0,34	72,72	74,92
			Messung 2	72,75	88,33	-0,35	0,54	71,99	74,33
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	73,87	88,86	-0,27	0,38	73,35	75,55
			Messung 2	74,22	89,03	-0,28	0,40	73,67	75,72
		beschriftete Seite	Messung 1	73,40	88,64	-0,35	0,53	72,74	75,01
			Messung 2	72,28	88,10	-0,36	0,59	71,54	74,01
		Mittelwert:		73,46	88,67	-0,32	0,47	72,84	75,08
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	89,21	95,67	-0,56	1,51	87,26	91,26
			Messung 2	89,65	95,85	-0,55	1,59	87,57	91,81
		beschriftete Seite	Messung 1	89,66	95,86	-0,55	1,57	87,62	91,82
			Messung 2	89,53	95,80	-0,53	1,58	87,45	91,58
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	89,16	95,65	-0,59	1,66	87,01	91,33
			Messung 2	89,55	95,81	-0,48	1,51	87,55	91,73
		beschriftete Seite	Messung 1	89,91	95,96	-0,50	1,52	87,90	92,10
			Messung 2	89,57	95,82	-0,53	1,53	87,55	91,75
		Mittelwert:		89,53	95,80	-0,54	1,56	87,49	91,67
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								90,853%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	97,65	99,09	-0,25	0,73	96,50	98,13	
		#2	97,69	99,10	-0,25	0,73	96,52	98,11	
	Mittelwert:		97,67	99,10	-0,25	0,73	96,51	98,12	

Deinking-Versuch #46: Indigo auf DNS Color Print

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 5 unbedruckte Blätter A8

Deinking-Lösung: 400 g Standard-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,34 – Gut!

vor der Lagerung: 8,79

nach der Lagerung: 8,70

vor der Flotation: 8,04

Masse des Schaums: 1470,9 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	487,1	458,0	514,2	533,0	457,9	465,7
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,821	5,557	4,964	5,247	12,579	12,642
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,770	0,782	0,787	0,815	0,781	0,758
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,051	4,775	4,177	4,432	11,798	11,884
Stoffdichte [%]:	1,037%	1,043%	0,812%	0,832%	2,577%	2,552%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,040%		0,822%		2,564%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,087	1,020	0,511	0,540	6,950	6,973
Aschegehalt [%]:	21,520%	21,361%	12,234%	12,184%	58,908%	58,676%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	21,441%		12,209%		58,792%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	79,848%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	89,231%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	264,5	334,6	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	164,2	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,251	- Etwas unterm Soll...
Korrekturfaktor:	---	107,914%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	177,2	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,370	- Jetzt im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	98,540%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	174,7	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar, Filter weiß – wie beim Trockentoner.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	140932,01	34,84	56,72	77,73	66,16	655,27	3115,08	4005,80	3770,35
	unbeschriftete Seite	142919,81	34,11	61,36	72,26	77,35	857,03	3621,50	4723,61	4478,53
#2	beschriftete Seite	161986,47	32,47	39,30	45,57	60,24	568,47	3354,30	4100,35	3922,77
	unbeschriftete Seite	181615,51	31,01	51,46	68,53	66,06	737,98	4418,99	5374,03	5156,97
Mittelwert:		156863,45	33,11	52,21	66,02	67,45	704,69	3627,47	4550,95	4332,16

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	80,40	91,86	1,44	-2,52	83,88	84,46
			Messung 2	81,39	92,31	1,52	-2,69	85,14	85,51
		beschriftete Seite	Messung 1	78,48	91,00	1,39	-2,40	81,73	82,38
			Messung 2	80,30	91,82	1,42	-2,36	83,56	84,25
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	79,57	91,49	1,50	-2,66	83,20	83,49
			Messung 2	81,13	92,19	1,42	-2,80	85,00	84,90
		beschriftete Seite	Messung 1	79,73	91,56	1,38	-2,63	83,30	83,40
			Messung 2	79,90	91,64	1,24	-2,13	82,85	83,65
	Mittelwert:			80,11	91,73	1,41	-2,52	83,58	84,01
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	86,24	94,41	1,08	-1,79	88,99
Messung 2				86,66	94,59	1,12	-1,83	89,47	90,61
beschriftete Seite			Messung 1	86,62	94,58	0,98	-1,56	89,04	90,31
			Messung 2	86,52	94,54	1,00	-1,54	88,92	90,35
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	86,61	94,57	1,13	-1,86	89,43	90,59
			Messung 2	86,73	94,62	1,13	-1,89	89,61	90,60
		beschriftete Seite	Messung 1	86,78	94,65	0,95	-1,39	89,00	90,64
			Messung 2	86,76	94,63	1,00	-1,55	89,20	90,65
Mittelwert:			86,62	94,57	1,05	-1,68	89,21	90,48	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								67,074%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	96,76	98,73	0,01	0,17	96,40	97,82	
		#2	96,86	98,77	0,01	0,18	96,49	97,88	
	Mittelwert:		96,81	98,75	0,01	0,18	96,45	97,85	

Deinking-Versuch #47: Indigo auf UPM Digi Finesse premium silk

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 21 unbedruckte Blätter A8 (= 3 unbedruckte Blätter A5 – 3 Blätter A8)

Deinking-Lösung: 300 g Standard-Chemie + 100 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 10,12 – *Zu hoch, warum? Dennoch zu verwenden.*

vor der Lagerung: 9,60

nach der Lagerung: 9,58

vor der Flotation: 8,18

Masse des Schaums: 1696,8 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	491,9	458,5	524,3	539,9	478,1	486,1
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	6,004	5,621	4,645	4,782	16,094	16,353
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,808	0,795	0,808	0,789	0,767	0,789
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,196	4,826	3,837	3,993	15,327	15,564
Stoffdichte [%]:	1,056%	1,053%	0,732%	0,740%	3,206%	3,202%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,054%		0,736%		3,204%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	2,189	2,035	1,326	1,373	9,796	9,953
Aschegehalt [%]:	42,129%	42,167%	34,558%	34,385%	63,913%	63,949%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	42,148%		34,472%		63,931%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	71,358%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	80,826%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	260,8	373,8	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	183,5	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,014	- Zu wenig!
Korrekturfaktor:	---	133,136%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	244,3	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,264	- Noch zu wenig...
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	106,804%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 3. Laborblatt [g]:	---	260,9	
Trockengewicht des 3. Laborblatts [g]:	---	1,350	- Jetzt optimal!
Korrekturfaktor für das 3. Laborblatt:	---	100,000%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	260,9	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat nach der Membran so klar wie vorher trüb.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	49584,24	159,19	258,11	297,48	322,35	1798,45	2229,27	5064,85	4027,72
	unbeschriftete Seite	53549,75	147,83	255,11	334,13	409,49	1917,92	2613,64	5678,12	4531,56
#2	beschriftete Seite	47792,00	164,24	238,84	299,67	328,45	1892,00	1993,88	4917,08	3885,88
	unbeschriftete Seite	51438,86	151,84	273,54	385,91	371,86	2168,71	2428,46	5780,32	4597,17
Mittelwert:		50591,21	155,78	256,40	329,30	358,04	1944,27	2316,31	5360,09	4260,58

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	78,34	90,93	-0,12	0,07	78,29	80,71
			Messung 2	78,71	91,11	-0,19	0,18	78,52	80,83
		beschriftete Seite	Messung 1	80,86	92,07	-0,31	0,19	80,66	82,78
			Messung 2	80,24	91,79	-0,34	0,06	80,20	81,99
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	79,46	91,44	-0,09	0,26	79,16	81,83
			Messung 2	80,27	91,81	0,02	0,28	79,95	82,82
		beschriftete Seite	Messung 1	83,23	93,12	-0,05	0,22	82,96	85,68
			Messung 2	83,16	93,09	-0,13	0,24	82,88	85,64
	Mittelwert:			80,53	91,92	-0,15	0,19	80,33	82,79
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	87,01	94,74	0,05	0,14	86,95	90,84
			Messung 2	87,29	94,86	-0,03	0,17	87,19	91,02
		beschriftete Seite	Messung 1	87,64	95,01	-0,10	0,21	87,48	91,35
			Messung 2	87,06	94,76	-0,12	0,24	86,88	90,49
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	88,05	95,18	-0,06	0,32	87,77	92,13
			Messung 2	88,03	95,17	-0,07	0,27	87,79	91,89
		beschriftete Seite	Messung 1	87,56	94,97	-0,07	0,28	87,32	91,36
			Messung 2	88,06	95,19	-0,06	0,33	87,77	92,06
	Mittelwert:			87,59	94,99	-0,06	0,25	87,39	91,39
	Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								77,355%
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	97,34	98,96	-0,17	0,50	96,51	98,17	
		#2	97,33	98,96	-0,20	0,60	96,35	98,17	
	Mittelwert:		97,34	98,96	-0,19	0,55	96,43	98,17	

Deinking-Versuch #48: Indigo auf Mohawk Loop Eco white vellum

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 1 unbedrucktes Blatt A8

Deinking-Lösung: 300 g Standard-Chemie + 100 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,89 – *Hoch, aber noch OK.*

vor der Lagerung: 9,42

nach der Lagerung: 9,34

vor der Flotation: 8,40

Masse des Schaums: zu viel für die Waage, daher wie folgt rechnen:

Entnahmegewichte (527,7 g + 526,8 g)

+ Gewicht des Restschaums inkl. Becher (3566,9 g)

– Leergewicht des Bechers (300,5 g)

= 4320,9 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	495,3	479,9	564,3	534,9	527,7	526,8
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	6,107	5,924	4,336	4,141	12,793	12,799
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,792	0,783	0,783	0,797	0,767	0,787
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,315	5,141	3,553	3,344	12,026	12,012
Stoffdichte [%]:	1,073%	1,071%	0,630%	0,625%	2,279%	2,280%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,072%		0,627%		2,280%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,233	1,192	0,259	0,245	4,644	4,638
Aschegehalt [%]:	23,198%	23,186%	7,290%	7,327%	38,616%	38,611%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	23,192%		7,308%		38,614%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	48,963%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	59,088%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	256,5	438,3	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	215,2	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,332	- Liegt im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor:	---	101,351%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	218,1	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar, Membranfilter ebenfalls ungefärbt.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	122012,55	130,17	219,57	295,32	331,52	2929,37	10246,13	14152,08	13175,50
	unbeschriftete Seite	135886,41	133,90	239,78	336,81	360,68	2954,11	13146,76	17172,04	16100,87
#2	beschriftete Seite	125183,19	131,25	225,39	305,39	428,27	3063,30	11110,97	15264,57	14174,27
	unbeschriftete Seite	136872,62	130,93	230,65	344,90	341,97	3228,98	13189,55	17466,98	16418,53
Mittelwert:		129988,69	131,56	228,85	320,61	365,61	3043,94	11923,35	16013,92	14967,29

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _∞ bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	86,88	94,69	-0,65	1,75	84,65	87,77
			Messung 2	86,31	94,45	-0,54	1,59	84,25	87,10
		beschriftete Seite	Messung 1	85,49	94,09	-0,76	1,68	83,36	86,00
			Messung 2	85,44	94,07	-0,76	1,84	83,11	86,03
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	86,81	94,66	-0,73	1,71	84,60	87,40
			Messung 2	86,70	94,61	-0,72	1,69	84,56	87,32
		beschriftete Seite	Messung 1	85,86	94,25	-0,80	1,82	83,56	86,49
			Messung 2	85,54	94,12	-0,54	1,66	83,44	86,49
	Mittelwert:			86,13	94,37	-0,69	1,72	83,94	86,83
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	88,61	95,42	-0,91	2,89	84,96	89,83
			Messung 2	88,87	95,52	-0,93	2,88	85,23	90,03
		beschriftete Seite	Messung 1	88,09	95,20	-1,01	2,94	84,42	89,17
			Messung 2	88,99	95,58	-0,93	3,00	85,22	90,31
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	88,50	95,37	-0,90	2,69	85,10	89,56
			Messung 2	88,96	95,56	-0,97	2,79	85,43	90,03
		beschriftete Seite	Messung 1	88,33	95,30	-1,05	3,01	84,55	89,32
			Messung 2	88,19	95,24	-1,00	2,80	84,69	89,12
	Mittelwert:			88,57	95,40	-0,96	2,88	84,95	89,67
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								40,491%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	97,71	99,11	-0,31	0,83	96,44	98,32	
		#2	97,74	99,12	-0,35	0,86	96,43	98,37	
	Mittelwert:		97,73	99,12	-0,33	0,85	96,44	98,35	

Deinking-Versuch #49: Indigo auf Navigator

Papiermenge: 15 Drucke A3

Deinking-Lösung: 300 g Standard-Chemie + 100 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,76 – *Etwas hoch, aber OK.*

vor der Lagerung: 9,17

nach der Lagerung: 9,12

vor der Flotation: 7,97

Masse des Schaums: 1691,1 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	501,9	477,1	547,2	517,7	497,0	505,4
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	6,087	5,827	5,192	4,933	15,429	15,540
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,788	0,788	0,799	0,801	0,801	0,760
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,299	5,039	4,393	4,132	14,628	14,780
Stoffdichte [%]:	1,056%	1,056%	0,803%	0,798%	2,943%	2,924%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,056%		0,800%		2,934%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,251	1,186	0,381	0,355	9,699	9,786
Aschegehalt [%]:	23,608%	23,536%	8,673%	8,591%	66,304%	66,211%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	23,572%		8,632%		66,258%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	73,898%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	88,343%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	260,4	343,5	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	168,6	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,294	- Knapp unterm Soll...
Korrekturfaktor:	---	104,328%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	175,9	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,340	- Jetzt gut im Soll.
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	100,746%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	177,3	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Nach dem Filter so klar wie vorher.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	159697,01	4,81	11,57	6,41	7,42	75,57	564,85	670,63	640,42
	unbeschriftete Seite	172479,77	4,84	7,87	11,01	16,69	107,31	677,18	824,90	784,49
#2	beschriftete Seite	90206,1	6,06	5,57	8,57	9,23	75,57	224,69	329,69	300,26
	unbeschriftete Seite	171533,14	4,88	6,72	10,63	5,78	84,25	568,06	680,32	652,31
Mittelwert:		148479,01	5,15	7,93	9,16	9,78	85,68	508,7	626,39	594,37

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	80,19	91,77	1,30	-2,69	83,90	84,62
			Messung 2	79,73	91,56	1,34	-2,52	83,19	84,38
		beschriftete Seite	Messung 1	78,43	90,98	1,39	-2,69	82,08	83,00
			Messung 2	78,10	90,83	1,40	-2,60	81,61	82,85
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	79,80	91,60	1,34	-2,67	83,43	84,24
			Messung 2	79,89	91,63	1,38	-2,76	83,66	84,51
		beschriftete Seite	Messung 1	79,25	91,35	1,41	-2,74	83,02	83,90
			Messung 2	80,09	91,73	1,36	-2,85	84,03	84,57
	Mittelwert:			79,44	91,43	1,37	-2,69	83,12	84,01
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	85,45	94,08	1,00	-1,96	88,43
Messung 2				85,44	94,07	0,98	-1,99	88,50	90,22
beschriftete Seite			Messung 1	85,86	94,25	0,93	-1,89	88,79	90,57
			Messung 2	85,80	94,23	0,97	-1,88	88,71	90,53
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	85,54	94,12	1,01	-2,04	88,64	90,25
			Messung 2	85,43	94,07	1,04	-2,05	88,54	90,21
		beschriftete Seite	Messung 1	85,70	94,18	0,97	-1,91	88,64	90,32
			Messung 2	85,67	94,17	0,98	-1,94	88,64	90,29
Mittelwert:			85,61	94,15	0,99	-1,96	88,61	90,30	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:									65,751%
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	96,47	98,62	-0,01	0,15	96,19	97,67	
		#2	96,56	98,65	0,01	0,12	96,31	97,74	
	Mittelwert:		96,52	98,64	0,00	0,14	96,25	97,71	

Deinking-Versuch #50: Indigo auf maxiscript

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 10 unbedruckte Blätter A8 (= 5 unbedruckte Blätter A7)

Deinking-Lösung: 300 g Standard-Chemie + 100 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,87 – *hoch, aber noch OK*

vor der Lagerung: 9,31

nach der Lagerung: 9,27

vor der Flotation: 8,10

Anmerkung: Die Indigo-Partikel wirkten hier nicht nur kleiner als sonst, sondern klebten auch stärker als bei den anderen Papieren an den Wänden der Flotationszelle!

Masse des Schaums: 1266,4 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	484,5	470,3	532,5	527,4	484,0	505,6
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,711	5,496	5,433	5,375	13,033	13,567
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,786	0,761	0,780	0,788	0,771	0,805
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	4,925	4,735	4,653	4,587	12,262	12,762
Stoffdichte [%]:	1,017%	1,007%	0,874%	0,870%	2,533%	2,524%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,012%		0,872%		2,529%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,570	1,502	1,170	1,150	8,018	8,336
Aschegehalt [%]:	31,878%	31,721%	25,145%	25,071%	65,389%	65,319%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	31,800%		25,108%		65,354%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	82,414%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	90,500%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutsenblätter (2,75 g) [g]:	271,8	315,4	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	154,9	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,005	- Viel zu niedrig!
Korrekturfaktor:	---	134,328%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	208,0	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,356	- Gut im Soll-Bereich!
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	99,558%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	207,1	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Das Filtrat ist klar; die Herstellung der Filter dauert aber länger als sonst...

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	77162,22	2,58	4,95	3,59	9,3	57,35	81,25	159,02	138,60
	unbeschriftete Seite	203954,46	1,5	5,3	2,09	6,24	14,7	319,11	348,94	333,81
#2	beschriftete Seite	97371,37	3,03	6,13	6,86	8,61	44,7	157,83	227,16	202,53
	unbeschriftete Seite	121295,33	2,33	3,76	5,37	2,86	29,82	149,23	193,37	179,05
Mittelwert:		124945,85	2,36	5,04	4,48	6,75	36,64	176,86	232,12	213,50

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	79,54	91,48	0,97	-2,17	82,36	85,71
			Messung 2	79,04	91,25	0,68	-1,99	81,62	84,68
		beschriftete Seite	Messung 1	78,34	90,93	0,66	-1,67	80,47	83,65
			Messung 2	79,51	91,46	0,58	-1,71	81,74	84,69
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	79,46	91,44	0,72	-1,90	81,96	85,30
			Messung 2	80,49	91,91	0,75	-2,09	83,23	86,38
		beschriftete Seite	Messung 1	79,36	91,40	0,61	-1,75	81,63	84,59
			Messung 2	79,38	91,41	0,92	-1,50	81,33	85,57
	Mittelwert:			79,39	91,41	0,74	-1,85	81,79	85,07
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	84,96	93,87	1,06	-2,74	88,81
Messung 2				84,88	93,83	1,08	-2,78	88,78	93,34
beschriftete Seite			Messung 1	84,69	93,75	1,13	-2,82	88,65	93,30
			Messung 2	84,60	93,71	1,13	-2,83	88,56	93,20
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	84,97	93,87	1,14	-2,86	89,01	93,82
			Messung 2	84,69	93,75	1,20	-2,96	88,85	93,64
		beschriftete Seite	Messung 1	84,66	93,73	1,16	2,82	88,61	93,34
			Messung 2	84,86	93,82	1,16	-2,87	88,88	93,62
Mittelwert:			84,79	93,79	1,13	-2,13	88,77	93,43	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								82,379%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	96,78	98,74	-0,22	0,44	96,08	98,30	
		#2	96,71	98,71	-0,21	0,42	96,03	98,24	
	Mittelwert:		96,75	98,73	-0,22	0,43	96,06	98,27	

Deinking-Versuch #51: Indigo auf UPM Finesse premium silk

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 23 unbedruckte Blätter A8 (= 3 unbedruckte Blätter A5 – 1 Blatt A8)

Deinking-Lösung: 200 g Standard-Chemie + 200 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,84 – *Hoch, aber OK.*

vor der Lagerung: 9,18

nach der Lagerung: 9,14

vor der Flotation: 8,09

Masse des Schaums: 1851,6 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	468,3	501,9	558,2	501,0	500,6	513,6
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,627	6,062	4,789	4,346	17,330	17,758
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,773	0,804	0,773	0,763	0,782	0,758
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	4,854	5,258	4,016	3,583	16,548	17,000
Stoffdichte [%]:	1,037%	1,048%	0,719%	0,715%	3,306%	3,310%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,042%		0,717%		3,308%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	2,290	2,468	1,464	1,307	11,679	12,007
Aschegehalt [%]:	47,178%	46,938%	36,454%	36,478%	70,577%	70,629%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	47,058%		36,466%		70,603%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	67,347%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	80,821%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	263,9	383,4	- Je auf 688 g auffüllen
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	188,2	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	0,842	- Wirklich viel zu wenig!
Korrekturfaktor:	---	160,333%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	301,7	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,431	- Jetzt zu hoch...
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	94,340%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 3. Laborblatt [g]:	---	284,7	
Trockengewicht des 3. Laborblatts [g]:	---	1,354	- Jetzt sehr gut im Soll!
Korrekturfaktor für das 3. Laborblatt:	---	99,705%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – <i>final</i> :	---	283,8	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Schön klar.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	104085,32	38,53	58,22	93,45	131,81	859,02	2372,40	3553,43	3231,42
	unbeschriftete Seite	125726,98	36,72	68,18	99,79	164,56	980,55	3372,66	4722,46	4353,21
#2	beschriftete Seite	107632,21	32,44	61,01	88,74	103,37	1004,31	2192,13	3482,00	3196,44
	unbeschriftete Seite	123815,51	34,46	60,55	113,58	110,20	1129,63	3139,64	4588,06	4269,27
Mittelwert:		115315,01	35,54	61,99	98,89	127,49	993,38	2769,21	4086,49	3762,59

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	82,51	92,80	-0,18	0,11	82,40	84,61
			Messung 2	80,72	92,01	0,07	0,17	80,53	83,16
		beschriftete Seite	Messung 1	85,73	94,20	-0,29	0,44	85,18	87,59
			Messung 2	82,86	92,95	-0,34	0,33	82,44	84,58
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	81,62	92,41	-0,26	0,08	81,52	83,59
			Messung 2	81,25	92,24	-0,03	0,32	80,87	83,97
		beschriftete Seite	Messung 1	84,62	93,72	-0,41	0,27	84,21	85,69
			Messung 2	85,42	94,07	-0,41	0,41	84,87	86,88
		Mittelwert:		83,09	93,05	-0,23	0,27	82,75	85,01
DP		#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	89,46	95,77	-0,07	0,34	89,11
	Messung 2			89,32	95,72	-0,07	0,31	89,03	93,28
	beschriftete Seite		Messung 1	89,36	95,73	-0,10	0,37	88,97	92,85
			Messung 2	90,10	96,04	-0,10	0,47	89,57	93,84
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	89,39	95,74	-0,09	0,39	88,97	93,14
			Messung 2	89,49	95,78	-0,08	0,36	89,12	93,37
		beschriftete Seite	Messung 1	89,72	95,88	-0,12	0,45	89,20	93,19
			Messung 2	89,77	95,90	-0,16	0,46	89,26	93,28
	Mittelwert:		89,58	95,82	-0,10	0,39	89,15	81,54	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								-58,034%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	97,05	98,85	-0,27	0,76	95,88	98,34	
		#2	97,12	98,87	-0,30	0,77	95,95	98,32	
	Mittelwert:		97,09	98,86	-0,29	0,77	95,92	98,33	

Deinking-Versuch #52: Indigo auf Modo Jet Plus

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 110 unbedruckte Blätter A8 (= 7 unbedruckte Blätter A4 – 1 Blatt A7)

Deinking-Lösung: 400 g Standard-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,89 – *Überraschend hoch, aber noch OK.*

vor der Lagerung: 9,27

nach der Lagerung: 9,17

vor der Flotation: 8,10

Masse des Schaums: 1181,8 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	493,8	471,0	525,5	546,3	529,6	496,8
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,984	5,764	5,660	5,940	10,039	9,454
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,741	0,775	0,756	0,802	0,816	0,812
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,243	4,989	4,904	5,138	9,223	8,642
Stoffdichte [%]:	1,062%	1,059%	0,933%	0,941%	1,742%	1,740%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,061%		0,937%		1,741%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,183	1,121	0,916	0,965	5,277	4,959
Aschegehalt [%]:	22,563%	22,469%	18,679%	18,782%	57,216%	57,383%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	22,516%		18,730%		57,299%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	89,224%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	93,584%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	259,3	293,5	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	144,1	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,102	- Unterhalb des Solls...
Korrekturfaktor:	---	122,505%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	176,5	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,358	- Gut im Soll-Bereich!
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	99,411%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	175,5	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat vor der Membran trüb, nachher schön klar.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	154464,47	108,78	182,78	245,35	260,34	1923,71	11921,87	14642,83	13845,58
	unbeschriftete Seite	195319,59	97,49	167,20	224,73	251,49	2213,14	15614,90	18568,95	17828,04
#2	beschriftete Seite	167680,48	122,75	176,40	208,39	255,60	2043,56	13271,53	16078,23	15315,09
	unbeschriftete Seite	193489,45	107,07	169,71	237,69	247,41	2132,90	15643,12	18537,90	17776,02
Mittelwert:		177738,50	109,02	174,02	229,04	253,71	2078,33	14112,86	16956,98	16191,18

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	83,22	93,11	-0,52	0,34	82,89	85,45
			Messung 2	83,83	93,38	-0,22	0,20	83,66	86,52
		beschriftete Seite	Messung 1	83,27	93,13	-0,33	0,24	83,07	85,63
			Messung 2	82,73	92,90	-0,40	0,37	82,33	85,11
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	83,97	93,44	-0,36	0,13	83,92	86,50
			Messung 2	83,32	93,16	-0,50	0,38	82,94	85,70
		beschriftete Seite	Messung 1	82,86	92,95	-0,34	0,24	82,66	85,14
			Messung 2	82,65	92,86	-0,43	0,30	82,37	84,76
		Mittelwert:		83,23	93,12	-0,39	0,28	82,98	85,60
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	89,20	95,67	-0,66	0,70	88,45	91,69
			Messung 2	89,13	95,63	-0,61	0,65	88,43	91,61
		beschriftete Seite	Messung 1	88,94	95,56	-0,62	0,78	88,09	91,37
			Messung 2	88,90	95,54	-0,60	0,73	88,09	91,55
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	88,88	95,53	-0,62	0,67	88,17	91,28
			Messung 2	88,43	95,34	-0,63	0,68	87,70	90,77
		beschriftete Seite	Messung 1	89,01	95,58	-0,58	0,66	88,28	91,43
			Messung 2	88,63	95,42	-0,66	0,70	87,85	90,96
		Mittelwert:		88,89	95,53	-0,62	0,70	88,13	91,33
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								66,038%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	95,94	98,41	-0,35	0,18	95,65	97,71	
		#2	95,83	98,37	-0,33	0,13	95,63	97,66	
	Mittelwert:		95,89	98,39	-0,34	0,16	95,64	97,69	

Deinking-Versuch #53: Indigo auf PaperOne Digital

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 76 unbedruckte Blätter A8 (= 5 unbedruckte Blätter A4 – 1 Blatt A6)

Deinking-Lösung: 400 g Standard-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,75 – OK.

vor der Lagerung: 9,03

nach der Lagerung: 8,96

vor der Flotation: 7,98

Masse des Schaums: 1266,5 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	473,5	472,0	503,9	501,0	507,0	512,1
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,772	5,742	5,014	5,071	14,572	14,680
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,785	0,775	0,781	0,818	0,783	0,778
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	4,987	4,967	4,233	4,253	13,789	13,902
Stoffdichte [%]:	1,053%	1,052%	0,840%	0,849%	2,720%	2,715%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,053%		0,844%		2,717%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,278	1,272	0,712	0,711	9,079	9,140
Aschegehalt [%]:	25,627%	25,609%	16,820%	16,718%	65,842%	65,746%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	25,618%		16,769%		65,794%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	81,840%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	91,576%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	261,2	325,6	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	159,9	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,203	- Etwas unterm Soll...
Korrekturfaktor:	---	112,219%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	179,4	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,353	- Jetzt sehr gut im Soll!
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	99,778%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	179,0	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Wie bei den anderen Indigo-Drucken klar.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	132596,74	8,15	13,03	16,79	12,82	165,50	732,37	948,66	897,87
	unbeschriftete Seite	191378,60	9,37	14,35	25,75	27,98	259,29	1501,29	1838,03	1760,58
#2	beschriftete Seite	126196,03	10,42	12,30	16,93	12,37	200,10	699,83	951,95	899,93
	unbeschriftete Seite	171416,71	9,41	12,61	21,08	17,63	175,11	1157,19	1393,03	1332,30
Mittelwert:		155397,02	9,34	13,07	20,14	17,70	200,00	1022,67	1282,92	1222,67

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	82,91	92,98	-1,11	-0,65	83,88	84,40
			Messung 2	82,85	92,95	-1,02	-0,59	83,76	84,44
		beschriftete Seite	Messung 1	82,52	92,80	-0,92	-0,61	83,46	84,41
			Messung 2	81,47	92,34	-0,94	-0,49	82,24	83,07
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	83,26	93,13	-1,04	-0,52	84,09	84,98
			Messung 2	82,57	92,83	-0,93	-0,53	83,39	84,28
		beschriftete Seite	Messung 1	82,10	92,62	-0,83	-0,50	82,92	84,01
			Messung 2	82,89	92,96	-0,94	-0,54	83,71	84,60
		Mittelwert:		82,57	92,83	-0,97	-0,55	83,43	84,27
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	89,59	95,83	-1,33	0,08	89,74	91,24
			Messung 2	89,73	95,88	-1,32	0,05	89,93	91,40
		beschriftete Seite	Messung 1	89,58	95,82	-1,34	0,17	89,61	91,29
			Messung 2	89,47	95,78	-1,32	0,14	89,54	91,11
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	89,65	95,85	-1,29	0,04	89,83	91,33
			Messung 2	89,73	95,89	-1,30	0,07	89,91	91,47
		beschriftete Seite	Messung 1	90,00	96,00	-1,37	0,20	90,00	91,71
			Messung 2	89,91	95,96	-1,36	0,20	89,90	91,61
		Mittelwert:		89,71	95,88	-1,33	0,12	89,81	91,40
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								72,393%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	97,10	98,87	-0,29	0,50	96,27	97,81	
		#2	97,12	98,87	-0,30	0,51	96,28	97,80	
	Mittelwert:		97,11	98,87	-0,30	0,51	96,28	97,81	

Deinking-Versuch #54: Indigo auf jetscript ML

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 23 unbedruckte Blätter A8 (= 3 unbedruckte Blätter A5 – 1 Blatt A8)

Deinking-Lösung: 350 g Standard-Chemie + 50 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,65 – *Gut!*

vor der Lagerung: 8,99

nach der Lagerung: 8,91

vor der Flotation: 8,07

Masse des Schaums: zu viel für die Waage, daher wie folgt rechnen:

Entnahmegewichte (543,6 g + 561,9 g)

+ Gewicht des Restschaums inkl. Becher (3364,6 g)

– Leergewicht des Bechers (300,5 g)

= 4169,6 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	471,2	485,6	519,0	551,2	543,6	561,9
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,850	6,000	4,963	5,207	8,774	8,976
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,789	0,797	0,778	0,765	0,790	0,777
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,061	5,203	4,185	4,442	7,984	8,199
Stoffdichte [%]:	1,074%	1,071%	0,806%	0,806%	1,469%	1,459%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,073%		0,806%		1,464%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	0,868	0,895	0,138	0,145	3,776	3,863
Aschegehalt [%]:	17,151%	17,202%	3,297%	3,264%	47,295%	47,116%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	17,176%		3,281%		47,205%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	68,389%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	79,862%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	256,3	341,1	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	167,5	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,327	- Liegt im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor:	---	101,733%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	170,4	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat ist klar (wie schon vor der Membran).

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	179082,70	117,24	206,89	290,72	395,49	5601,82	21909,59	28521,75	27511,41
	unbeschriftete Seite	179549,98	132,12	225,04	340,23	499,77	6153,19	24827,32	32177,67	30980,51
#2	beschriftete Seite	175366,44	111,32	198,56	327,79	430,92	5590,36	21680,05	28339,00	27270,41
	unbeschriftete Seite	180051,38	125,12	228,56	318,21	464,05	6143,68	24882,90	32162,52	31026,58
Mittelwert:		178512,63	121,45	214,76	319,24	447,56	5872,26	23324,97	30300,24	29197,23

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	82,68	92,87	-0,18	0,86	81,58	84,65
			Messung 2	82,07	92,61	-0,33	0,89	80,97	83,82
		beschriftete Seite	Messung 1	82,71	92,89	-0,19	0,95	81,49	84,73
			Messung 2	83,21	93,11	-0,17	0,98	81,97	85,38
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	81,61	92,40	-0,16	0,85	80,54	83,68
			Messung 2	83,07	93,05	-0,08	0,84	82,00	85,27
		beschriftete Seite	Messung 1	81,48	92,34	-0,23	0,89	80,36	83,42
			Messung 2	81,46	92,34	-0,20	0,90	80,33	83,50
	Mittelwert:			82,29	92,70	-0,19	0,90	81,16	84,31
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	83,71	93,32	-0,38	1,18	82,19	85,42
			Messung 2	85,01	93,89	-0,42	1,22	83,43	86,76
		beschriftete Seite	Messung 1	83,92	93,41	-0,40	1,11	82,50	85,52
			Messung 2	83,47	93,22	-0,33	1,00	82,19	85,14
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	84,64	93,73	-0,43	1,19	83,09	86,36
			Messung 2	84,48	93,66	-0,37	1,19	82,95	86,15
		beschriftete Seite	Messung 1	83,43	93,20	-0,37	1,27	81,84	85,18
			Messung 2	84,55	93,69	-0,18	1,11	83,12	86,76
	Mittelwert:			84,15	93,52	-0,36	1,16	82,66	85,91
	Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								20,914%
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	97,41	98,99	-0,23	0,57	96,49	98,09	
		#2	97,47	99,01	-0,20	0,55	96,55	98,15	
	Mittelwert:		97,44	99,00	-0,22	0,56	96,52	98,12	

Deinking-Versuch #55: 1617H auf DNS Color Print

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 5 unbedruckte Blätter A8

Deinking-Lösung: 400 g Standard-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,50 – *Perfekt!*

vor der Lagerung: 8,96

nach der Lagerung: 8,85

vor der Flotation: 8,15

Masse des Schaums: 1716,5 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	489,5	468,4	540,9	546,5	515,1	506,2
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,955	5,727	5,102	5,253	14,073	13,840
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,792	0,782	0,750	0,803	0,796	0,801
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,163	4,945	4,352	4,450	13,277	13,039
Stoffdichte [%]:	1,055%	1,056%	0,805%	0,814%	2,578%	2,576%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,055%		0,809%		2,577%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,112	1,064	0,460	0,473	7,581	7,445
Aschegehalt [%]:	21,538%	21,517%	10,570%	10,629%	57,099%	57,098%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	21,527%		10,600%		57,098%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	76,714%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	87,397%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	260,6	339,7	- Je auf 688 g auffüllen
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	166,8	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,268	- Etwas unterm Soll...
Korrekturfaktor:	---	106,467%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	177,6	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,346	- Jetzt sehr gut im Soll!
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	100,297%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	178,1	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar (überraschend im Vergleich zum Memjet).

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	24229,93	11,67	11,08	11,01	11,36	37,49	33,27	115,88	70,76
	unbeschriftete Seite	23402,39	11,01	12,16	3,73	7,39	27,07	39,65	101,01	66,72
#2	beschriftete Seite	18145,12	13,00	14,53	8,78	7,67	31,04	20,94	95,96	51,98
	unbeschriftete Seite	20525,75	13,10	6,45	7,80	7,91	40,97	17,94	94,17	58,91
Mittelwert:		21575,80	12,20	11,06	7,83	8,58	34,14	27,95	101,76	62,09

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	56,67	79,99	0,01	-1,16	57,86	58,45
			Messung 2	56,58	79,94	-0,02	-1,14	57,75	58,37
		beschriftete Seite	Messung 1	58,91	81,24	-0,03	-1,12	60,10	60,56
			Messung 2	59,07	81,33	-0,05	-1,02	60,17	60,77
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	57,04	80,20	-0,06	-1,05	58,16	58,83
			Messung 2	56,70	80,01	0,03	-1,15	57,89	58,47
		beschriftete Seite	Messung 1	58,22	80,86	-0,01	-1,18	59,47	59,89
			Messung 2	58,46	80,99	-0,06	-1,13	59,66	60,07
	Mittelwert:			57,71	80,57	-0,02	-1,12	58,88	59,43
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	66,46	85,23	-0,09	-0,46	67,03
Messung 2				65,69	84,84	-0,08	-0,57	66,37	67,63
beschriftete Seite			Messung 1	68,13	86,07	-0,11	-0,42	68,64	69,91
			Messung 2	68,16	86,09	-0,17	-0,32	68,59	69,91
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	66,53	85,26	-0,06	-0,52	67,15	68,44
			Messung 2	66,03	85,01	-0,11	-0,50	66,64	67,96
		beschriftete Seite	Messung 1	68,30	86,15	-0,15	-0,35	68,75	70,02
			Messung 2	68,16	86,09	-0,09	-0,40	68,66	69,95
Mittelwert:			67,18	85,59	-0,11	-0,44	67,73	69,02	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								49,813%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	88,50	95,37	-0,04	0,18	88,17	90,44	
		#2	88,41	95,33	-0,03	0,22	88,05	90,42	
	Mittelwert:		88,46	95,35	-0,04	0,20	88,11	90,43	

Deinking-Versuch #56: 1617H auf Navigator

Papiermenge: 15 Drucke A3

Deinking-Lösung: 300 g Standard-Chemie + 100 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,71 – OK.

vor der Lagerung: 9,17

nach der Lagerung: 9,06

vor der Flotation: 8,07

Masse des Schaums: 2093,4 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	479,7	452,5	507,3	520,5	532,7	500,2
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,851	5,556	4,598	4,688	16,294	15,441
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,792	0,763	0,790	0,803	0,775	0,801
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,059	4,793	3,808	3,885	15,519	14,640
Stoffdichte [%]:	1,055%	1,059%	0,751%	0,746%	2,913%	2,927%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,057%		0,749%		2,920%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,190	1,122	0,191	0,196	9,788	9,264
Aschegehalt [%]:	23,522%	23,409%	5,016%	5,045%	63,071%	63,279%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	23,466%		5,030%		63,175%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	67,869%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	84,217%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	260,2	367,4	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	180,4	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,329	- Liegt im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor:	---	101,580%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	183,2	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat hier ebenfalls klar (obwohl Membran gräulich gefärbt ist).

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	32332,67	4,15	3,48	3,07	5,09	35,57	8,99	60,35	44,56
	unbeschriftete Seite	27877,28	0,84	2,2	2,79	1,88	11,81	0	19,52	11,81
#2	beschriftete Seite	37066,83	2,09	2,33	5,3	3,07	16,55	13,9	43,24	30,45
	unbeschriftete Seite	37875,58	1,64	2,33	3,48	1,5	20,14	9,2	38,29	29,34
Mittelwert:		33788,09	2,18	2,59	3,66	2,89	21,02	8,02	40,35	29,04

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _∞ bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	55,30	79,21	-0,60	-0,95	56,29	57,12
			Messung 2	55,29	79,21	-0,64	-0,91	56,24	57,11
		beschriftete Seite	Messung 1	56,01	79,62	-0,64	-1,03	57,10	57,75
			Messung 2	56,67	80,00	-0,62	-0,94	57,68	58,41
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	55,44	79,30	-0,60	-0,96	56,45	57,24
			Messung 2	55,20	79,16	-0,59	-0,96	56,22	57,06
		beschriftete Seite	Messung 1	56,12	79,68	-0,70	-0,95	57,14	57,84
			Messung 2	56,29	79,78	-0,59	-1,03	57,38	58,07
	Mittelwert:			55,79	79,50	-0,62	-0,97	56,81	57,58
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	67,45	85,73	-0,82	0,09	67,42
Messung 2				67,34	85,68	-0,91	0,19	67,21	69,29
beschriftete Seite			Messung 1	69,59	86,79	-0,97	0,38	69,25	71,37
			Messung 2	69,39	86,70	-0,90	0,28	69,17	71,26
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	67,12	85,57	-0,88	0,17	67,03	69,18
			Messung 2	67,69	85,85	-0,81	0,10	67,65	69,68
		beschriftete Seite	Messung 1	69,26	86,63	-0,95	0,29	69,02	71,10
			Messung 2	69,46	86,73	-0,91	0,28	69,21	71,34
Mittelwert:			68,41	86,21	-0,89	0,22	68,25	70,33	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:									59,957%
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	84,62	93,72	-0,16	0,27	84,22	87,17	
		#2	84,59	93,71	-0,17	0,27	84,20	87,10	
	Mittelwert:		84,61	93,72	-0,17	0,27	84,21	87,14	

Deinking-Versuch #57: 1617H auf Mohawk Loop Eco white vellum

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 1 unbedrucktes Blatt A8

Deinking-Lösung: 300 g Standard-Chemie + 100 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,75 – OK.

vor der Lagerung: 9,28

nach der Lagerung: 9,19

vor der Flotation: 8,40

Masse des Schaums: zu viel für die Waage, daher wie folgt rechnen:

Entnahmegewichte (521,4 g + 519,8 g)

+ Gewicht des Restschaums inkl. Becher (3785,2 g)

– Leergewicht des Bechers (300,4 g)

= 4526,0 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	477,4	464,4	554,1	519,8	521,4	549,2
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,901	5,789	4,435	4,167	11,830	12,437
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,790	0,811	0,795	0,773	0,769	0,767
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,111	4,978	3,640	3,394	11,061	11,670
Stoffdichte [%]:	1,071%	1,072%	0,657%	0,653%	2,121%	2,125%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,071%		0,655%		2,123%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,188	1,156	0,255	0,241	4,342	4,571
Aschegehalt [%]:	23,244%	23,222%	7,005%	7,101%	39,255%	39,169%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	23,233%		7,053%		39,212%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	50,165%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	60,739%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	256,7	419,9	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	206,1	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,303	- Gerade noch im Soll!
Korrekturfaktor:	---	103,607%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	213,6	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar, Filter zudem weiß.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	21894,92	8,88	10,98	6,03	6,86	15,19	30,38	78,32	45,57
	unbeschriftete Seite	23491,44	7,84	8,81	10,35	9,34	33,38	18,88	88,60	52,26
#2	beschriftete Seite	22867,34	7,94	16,90	14,08	10,38	43,20	18,64	111,14	61,84
	unbeschriftete Seite	30543,43	7,87	10,77	7,94	10,28	53,59	33,06	123,51	86,65
Mittelwert:		24699,28	8,13	11,87	9,60	9,22	36,34	25,24	100,39	61,58

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	61,90	82,86	-1,44	-0,21	62,12	61,50
			Messung 2	61,80	82,81	-1,47	-0,21	62,02	61,38
		beschriftete Seite	Messung 1	61,87	82,84	-1,62	-0,16	62,06	61,28
			Messung 2	61,71	82,76	-1,58	-0,19	61,92	61,18
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	61,63	82,71	-1,50	-0,20	61,84	61,32
			Messung 2	61,63	82,71	-1,51	-0,20	61,85	61,31
		beschriftete Seite	Messung 1	61,68	82,74	-1,54	-0,30	61,99	61,04
			Messung 2	62,15	82,99	-1,58	-0,11	62,28	61,62
	Mittelwert:			61,80	82,80	-1,53	-0,20	62,01	61,33
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	73,07	88,48	-1,72	1,46	71,42
Messung 2				73,15	88,52	-1,75	1,53	71,43	73,40
beschriftete Seite			Messung 1	73,92	88,89	-1,87	1,77	71,94	74,06
			Messung 2	73,93	88,89	-1,84	1,69	72,03	74,03
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	73,15	88,52	-1,73	1,49	71,46	73,35
			Messung 2	73,32	88,60	-1,78	1,55	71,58	73,47
		beschriftete Seite	Messung 1	73,80	88,83	-1,85	1,72	71,89	73,91
			Messung 2	73,77	88,81	-1,82	1,63	71,91	73,87
Mittelwert:			73,51	88,69	-1,80	1,61	71,71	73,67	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								61,412%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	93,19	97,30	-0,36	0,64	92,22	94,22	
		#2	93,19	97,30	-0,43	0,75	92,09	94,21	
	Mittelwert:		93,19	97,30	-0,40	0,70	92,16	94,22	

Deinking-Versuch #58: 1617H auf UPM Digi Finesse premium silk

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 21 unbedruckte Blätter A8 (= 3 unbedruckte Blätter A5 – 3 Blätter A8)

Deinking-Lösung: 300 g Standard-Chemie + 100 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 10,04 – *Wieder so hoch, warum? Mit Runden aber gerade noch OK...*

vor der Lagerung: 9,55

nach der Lagerung: 9,49

vor der Flotation: 8,16

Masse des Schaums: 2048,5 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	495,4	475,6	529,6	520,2	504,4	494,2
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	6,012	5,827	4,333	4,309	17,990	17,627
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,785	0,808	0,807	0,819	0,812	0,769
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,227	5,019	3,526	3,490	17,178	16,858
Stoffdichte [%]:	1,055%	1,055%	0,666%	0,671%	3,406%	3,411%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,055%		0,668%		3,408%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	2,232	2,146	1,048	1,033	11,349	11,168
Aschegehalt [%]:	42,701%	42,758%	29,722%	29,599%	66,067%	66,247%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	42,729%		29,660%		66,157%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	63,240%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	77,671%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	260,6	411,5	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	202,0	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	0,974	- Viel zu niedrig!
Korrekturfaktor:	---	138,604%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	280,0	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,383	- Jetzt im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	97,614%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	273,3	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar, aber der Filter ist nicht unbedingt weiß...

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	12490,08	74,49	86,58	65,61	52,99	65,85	28,43	373,95	94,28
	unbeschriftete Seite	12505,08	46,97	56,37	31,81	24,91	45,50	24,91	230,47	70,41
#2	beschriftete Seite	13501,82	69,89	91,39	69,33	39,72	92,02	38,74	401,09	130,76
	unbeschriftete Seite	11382,28	48,05	50,90	44,04	24,81	49,51	0,00	217,31	49,51
Mittelwert:		12469,82	59,85	71,31	52,70	35,61	63,22	23,02	305,71	86,24

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _∞ bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	58,75	81,16	-1,20	0,71	58,05	60,07
			Messung 2	58,84	81,20	-1,17	0,63	58,21	60,13
		beschriftete Seite	Messung 1	56,93	80,14	-1,28	0,39	56,53	57,59
			Messung 2	56,82	80,08	-1,32	0,50	56,31	57,54
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	58,14	80,81	-1,22	0,59	57,57	59,36
			Messung 2	59,02	81,30	-1,25	0,75	58,27	60,14
		beschriftete Seite	Messung 1	56,51	79,90	-1,33	0,40	56,10	57,16
			Messung 2	56,77	80,05	-1,29	0,46	56,30	57,57
	Mittelwert:			57,72	80,58	-1,26	0,55	57,17	58,70
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	66,73	85,37	-1,09	1,13	65,50
Messung 2				66,87	85,44	-1,05	1,08	65,68	68,68
beschriftete Seite			Messung 1	67,22	85,62	-1,08	1,02	66,09	68,94
			Messung 2	67,42	85,72	-1,08	1,09	66,22	69,18
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	67,15	85,58	-1,07	1,05	65,99	68,95
			Messung 2	66,48	85,24	-1,11	1,09	65,29	68,25
		beschriftete Seite	Messung 1	66,65	85,32	-1,11	1,06	65,48	68,42
			Messung 2	66,62	85,31	-1,13	1,06	65,47	68,30
Mittelwert:			66,89	85,45	-1,09	1,07	65,72	68,66	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								50,771%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	85,49	94,10	-0,64	1,40	83,61	87,91	
		#2	85,44	94,07	-0,64	1,41	83,55	87,86	
	Mittelwert:		85,47	94,09	-0,64	1,41	83,58	87,89	

Deinking-Versuch #59: 1617H auf Modo Jet Plus

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 110 unbedruckte Blätter A8 (= 7 unbedruckte Blätter A4 – 1 Blatt A7)

Deinking-Lösung: 400 g Standard-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,22 – *Niedrig, aber noch OK.*

vor der Lagerung: 8,62

nach der Lagerung: 8,41

vor der Flotation: 7,83

Masse des Schaums: 1548,7 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	471,6	491,3	540,4	549,7	499,1	508,9
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,673	5,867	5,635	5,702	10,987	11,123
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,802	0,798	0,798	0,817	0,778	0,767
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	4,871	5,069	4,837	4,885	10,209	10,356
Stoffdichte [%]:	1,033%	1,032%	0,895%	0,889%	2,045%	2,035%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,032%		0,892%		2,040%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,086	1,131	0,676	0,692	6,579	6,666
Aschegehalt [%]:	22,295%	22,312%	13,976%	14,166%	64,443%	64,368%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	22,304%		14,071%		64,406%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	82,996%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	91,790%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	266,4	308,3	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	151,4	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,168	- Unterhalb des Solls...
Korrekturfaktor:	---	115,582%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	175,0	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,378	- Jetzt im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	97,968%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	171,4	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar & ungefärbt (was man vom Filter nicht sagen kann).

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	26079,93	1,88	0,80	0,84	3,28	12,47	0,00	19,27	12,47
	unbeschriftete Seite	15180,24	1,22	2,26	1,11	0,00	5,44	0,00	10,03	5,44
#2	beschriftete Seite	28642,88	2,86	2,37	2,75	1,88	5,12	17,32	32,30	22,44
	unbeschriftete Seite	11456,71	1,43	0,80	1,43	0,00	2,58	0,00	6,24	2,58
Mittelwert:		20339,94	1,85	1,56	1,53	1,29	6,40	4,33	16,96	10,73

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	56,67	79,99	-1,26	-0,44	57,11	57,30
			Messung 2	56,20	79,73	-1,29	-0,44	56,66	56,96
		beschriftete Seite	Messung 1	58,04	80,76	-1,30	-0,45	58,53	58,53
			Messung 2	57,31	80,35	-1,33	-0,55	57,88	57,73
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	56,10	79,67	-1,32	-0,35	56,46	56,77
			Messung 2	55,69	79,44	-1,27	-0,43	56,12	56,40
		beschriftete Seite	Messung 1	56,65	79,98	-1,34	-0,52	57,18	57,12
			Messung 2	55,19	79,15	-1,31	-0,85	56,03	55,56
	Mittelwert:			56,48	79,88	-1,30	-0,50	57,00	57,05
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	62,13	82,98	-1,24	-0,08	62,24
Messung 2				62,33	83,09	-1,24	-0,01	62,36	63,10
beschriftete Seite			Messung 1	65,46	84,72	-1,26	0,29	65,18	66,06
			Messung 2	65,14	84,55	-1,21	0,19	64,96	65,77
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	62,39	83,12	-1,21	-0,08	62,48	63,13
			Messung 2	62,30	83,07	-1,26	-0,03	62,35	63,01
		beschriftete Seite	Messung 1	64,78	84,37	-1,20	0,08	64,71	65,44
			Messung 2	64,88	84,42	-1,19	0,10	64,81	65,58
Mittelwert:			63,68	83,79	-1,23	0,06	63,64	64,36	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								38,989%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	48,22	74,96	-1,67	-1,11	49,22	49,10	
		#2	49,02	75,47	-1,63	-1,05	49,99	50,08	
	Mittelwert:		48,62	75,22	-1,65	-1,08	49,61	49,59	

Deinking-Versuch #60: 1617H auf PaperOne Digital

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 76 unbedruckte Blätter A8 (= 5 unbedruckte Blätter A4 – 1 Blatt A6)

Deinking-Lösung: 400 g Standard-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,51 – *Spitze!*

vor der Lagerung: 8,92

nach der Lagerung: 8,78

vor der Flotation: 8,03

Masse des Schaums: 1595,5 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	471,3	486,9	543,8	512,8	514,2	485,0
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,733	5,842	4,958	4,764	16,748	15,881
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,820	0,773	0,764	0,787	0,766	0,757
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	4,913	5,069	4,194	3,977	15,982	15,124
Stoffdichte [%]:	1,042%	1,041%	0,771%	0,776%	3,108%	3,118%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,042%		0,773%		3,113%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,263	1,301	0,459	0,433	10,655	10,086
Aschegehalt [%]:	25,707%	25,666%	10,944%	10,888%	66,669%	66,689%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	25,687%		10,916%		66,679%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	73,511%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	88,122%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	264,0	355,6	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	174,6	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,269	- Etwas unterm Soll...
Korrekturfaktor:	---	106,383%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	185,7	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,324	- Jetzt im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	101,964%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	189,3	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar, der Filter leicht grau.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	25102,73	4,53	10,70	6,34	5,12	14,49	25,19	66,37	39,68
	unbeschriftete Seite	10706,72	5,50	13,07	7,77	1,36	4,77	0,00	32,47	4,77
#2	beschriftete Seite	17707,76	5,33	5,99	4,77	6,76	12,51	8,01	43,37	20,52
	unbeschriftete Seite	14177,32	6,41	7,46	7,25	2,86	16,27	0,00	40,25	16,27
Mittelwert:		16923,63	5,44	9,31	6,53	4,03	12,01	8,30	45,62	20,31

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP #1	unbeschriftete Seite	Messung 1	59,13	81,36	-0,50	-0,01	59,14	60,96	
		Messung 2	58,55	81,05	-0,57	0,12	58,43	60,32	
		beschriftete Seite	Messung 1	61,67	82,74	-0,55	-0,01	61,68	63,29
			Messung 2	61,11	82,44	-0,65	0,08	61,02	62,65
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	58,24	80,87	-0,52	-0,01	58,24	60,01
			Messung 2	58,51	81,02	-0,56	0,05	58,45	60,24
		beschriftete Seite	Messung 1	60,35	82,03	-0,62	-0,02	60,38	61,92
			Messung 2	60,88	82,31	-0,56	-0,02	60,89	62,50
	Mittelwert:		59,81	81,73	-0,57	0,02	59,78	61,49	
DP #1	unbeschriftete Seite	Messung 1	69,82	86,91	-0,63	0,69	69,06	71,58	
		Messung 2	69,92	86,96	-0,70	0,76	69,08	71,68	
		beschriftete Seite	Messung 1	71,95	87,95	-0,68	0,78	71,08	73,60
			Messung 2	71,77	87,86	-0,70	0,78	70,90	73,38
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	69,99	86,99	-0,69	0,77	69,14	71,77
			Messung 2	69,81	86,91	-0,66	0,71	69,03	71,58
		beschriftete Seite	Messung 1	71,44	87,70	-0,62	0,63	70,72	73,07
			Messung 2	71,52	87,74	-0,68	0,72	70,73	73,18
	Mittelwert:		70,78	87,38	-0,67	0,73	69,97	72,48	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								56,686%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	83,27	93,13	-0,17	0,78	82,19	85,88	
		#2	83,62	93,28	-0,15	0,78	82,53	86,24	
	Mittelwert:		83,45	93,21	-0,16	0,78	82,36	86,06	

Deinking-Versuch #61: 1617H auf maxiscript

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 10 unbedruckte Blätter A8 (= 5 unbedruckte Blätter A7)

Deinking-Lösung: 300 g Standard-Chemie + 100 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 10,13 – *Warum so extrem hoch? Muss dennoch verwendet werden...*

vor der Lagerung: 9,61

nach der Lagerung: 9,55

vor der Flotation: 8,15

Masse des Schaums: 1403,3 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	469,5	477,7	503,4	526,4	477,9	474,4
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,589	5,734	4,814	5,023	14,345	14,227
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,773	0,784	0,778	0,809	0,782	0,779
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	4,816	4,950	4,036	4,214	13,563	13,448
Stoffdichte [%]:	1,026%	1,036%	0,802%	0,801%	2,838%	2,835%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,031%		0,801%		2,836%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,532	1,570	0,939	0,980	8,918	8,858
Aschegehalt [%]:	31,811%	31,717%	23,266%	23,256%	65,752%	65,869%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	31,764%		23,261%		65,810%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	78,552%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	88,341%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	266,7	343,3	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	168,5	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,035	- Zu niedrig...
Korrekturfaktor:	---	130,435%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	219,8	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,342	- Gut im Soll-Bereich!
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	100,596%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	221,1	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar & farblos, der Filter allerdings nicht...

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	48764,29	1,92	2,40	0,00	0,00	5,50	26,20	36,02	31,70
	unbeschriftete Seite	11103,30	2,33	2,82	2,02	0,00	2,75	0,00	9,92	2,75
#2	beschriftete Seite	25948,28	1,74	1,92	3,59	1,74	15,23	0,00	24,22	15,23
	unbeschriftete Seite	37402,02	2,79	0,98	3,87	3,34	9,58	18,71	39,27	28,29
Mittelwert:		30804,47	2,20	2,03	2,37	1,27	8,27	11,23	27,36	19,49

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	54,00	78,46	-0,67	-1,20	55,17	55,59
			Messung 2	54,19	78,57	-0,66	-1,18	55,36	55,88
		beschriftete Seite	Messung 1	54,24	78,60	-0,87	-1,10	55,33	55,51
			Messung 2	54,85	78,96	-0,81	-1,14	55,97	56,23
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	54,13	78,54	-0,69	-1,17	55,29	55,79
			Messung 2	54,30	78,64	-0,66	-1,22	55,51	55,99
		beschriftete Seite	Messung 1	54,28	78,63	-0,80	-1,18	55,46	55,59
			Messung 2	54,17	78,56	-0,84	-1,20	55,35	55,39
	Mittelwert:			54,27	78,62	-0,75	-1,17	55,43	55,75
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	56,46	79,87	-0,60	-1,20	57,70	58,44
			Messung 2	56,34	79,81	-0,63	-1,22	57,60	58,22
		beschriftete Seite	Messung 1	57,98	80,73	-0,60	-1,18	59,23	60,01
			Messung 2	57,46	80,44	-0,66	-1,21	58,71	59,32
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	56,70	80,01	-0,54	-1,26	57,99	58,74
			Messung 2	56,72	80,02	-0,61	-1,20	57,96	58,66
		beschriftete Seite	Messung 1	57,19	80,29	-0,72	-1,16	58,41	58,95
			Messung 2	57,74	80,59	-0,70	-1,17	58,97	59,61
	Mittelwert:			57,07	80,22	-0,63	-1,20	58,32	58,99
	Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								18,865%
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	49,38	75,69	-0,52	-1,50	50,78	51,25	
		#2	49,20	75,58	-0,46	-1,49	50,58	51,29	
	Mittelwert:		49,29	75,64	-0,49	-1,50	50,68	51,27	

Deinking-Versuch #62: 1617H auf UPM Finesse premium silk

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 23 unbedruckte Blätter A8 (= 3 unbedruckte Blätter A5 – 1 Blatt A8)

Deinking-Lösung: 200 g Standard-Chemie + 200 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,94 – *Sehr hoch, aber gerade noch OK.*

vor der Lagerung: 9,42

nach der Lagerung: 9,37

vor der Flotation: 8,12

Masse des Schaums: 1807,2 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	471,8	459,2	531,6	520,1	509,0	510,7
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,671	5,558	4,344	4,202	20,708	20,826
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,790	0,817	0,842	0,791	0,774	0,787
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	4,881	4,741	3,502	3,411	19,934	20,039
Stoffdichte [%]:	1,035%	1,032%	0,659%	0,656%	3,916%	3,924%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,033%		0,657%		3,920%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	2,307	2,235	1,170	1,132	14,273	14,354
Aschegehalt [%]:	47,265%	47,142%	33,409%	33,187%	71,601%	71,630%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	47,203%		33,298%		71,616%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	61,918%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	78,226%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	266,1	418,4	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	205,4	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	0,959	- Viel zu wenig!
Korrekturfaktor:	---	140,772%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	289,1	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,325	- Liegt jetzt im Soll.
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	101,887%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	294,6	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar, Filter leicht gelblich.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	16830,26	1,57	1,99	4,63	0,00	6,86	0,00	15,05	6,86
	unbeschriftete Seite	13440,83	1,05	1,46	1,99	0,00	2,30	0,00	6,80	2,30
#2	beschriftete Seite	13709,65	1,53	2,89	3,76	0,00	2,47	0,00	10,65	2,47
	unbeschriftete Seite	20848,23	1,43	1,32	0,70	1,29	7,42	0,00	12,16	7,42
Mittelwert:		16207,24	1,40	1,92	2,77	0,32	4,76	0,00	11,17	4,76

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	66,63	85,31	-0,84	0,49	66,03	67,56
			Messung 2	66,66	85,33	-0,83	0,52	66,03	67,67
		beschriftete Seite	Messung 1	64,11	84,02	-0,87	0,02	64,06	64,46
			Messung 2	64,07	84,00	-0,90	0,10	63,93	64,44
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	67,01	85,51	-0,77	0,53	66,37	68,16
			Messung 2	67,12	85,56	-0,81	0,60	66,43	68,24
		beschriftete Seite	Messung 1	64,49	84,22	-0,82	0,06	64,36	64,94
			Messung 2	64,29	84,12	-0,84	0,04	64,19	64,73
		Mittelwert:		65,55	84,76	-0,84	0,30	65,18	66,28
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	75,91	89,82	-0,84	1,19	74,45	77,85
			Messung 2	75,68	89,71	-0,84	1,18	74,22	77,60
		beschriftete Seite	Messung 1	75,16	89,47	-0,87	1,12	73,80	76,91
			Messung 2	75,47	89,61	-0,85	1,14	74,07	77,27
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	75,70	89,72	-0,86	1,20	74,24	77,59
			Messung 2	75,64	89,69	-0,84	1,17	74,21	77,49
		beschriftete Seite	Messung 1	75,88	89,80	-0,85	1,16	74,43	77,72
			Messung 2	76,10	89,91	-0,84	1,22	74,62	78,01
		Mittelwert:		75,69	89,72	-0,85	1,17	74,26	77,56
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								62,149%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	82,09	92,62	-0,79	1,55	80,03	84,50	
		#2	84,30	93,58	-0,75	1,62	82,13	86,65	
	Mittelwert:		83,20	93,10	-0,77	1,59	81,08	85,58	

Deinking-Versuch #63: 1617H auf jetscript ML

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 23 unbedruckte Blätter A8 (= 3 unbedruckte Blätter A5 – 1 Blatt A8)

Deinking-Lösung: 350 g Standard-Chemie + 50 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 10,05 – *Eigentlich zu hoch, warum? Dennoch zu verwenden.*

vor der Lagerung: 9,39

nach der Lagerung: 9,35

vor der Flotation: 8,14

Masse des Schaums: zu viel für die Waage, daher wie folgt rechnen:

Entnahmegewichte (525,1 g + 508,5 g)

+ Gewicht des Restschaums inkl. Becher (3159,3 g)

– Leergewicht des Bechers (300,6 g)

= 3892,3 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	489,9	467,2	492,7	547,9	525,1	508,5
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,978	5,764	4,677	5,165	9,241	9,018
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,752	0,818	0,783	0,791	0,773	0,792
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,226	4,946	3,894	4,374	8,468	8,226
Stoffdichte [%]:	1,067%	1,059%	0,790%	0,798%	1,613%	1,618%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,063%		0,794%		1,615%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	0,914	0,857	0,116	0,132	3,982	3,907
Aschegehalt [%]:	17,489%	17,327%	2,979%	3,018%	47,024%	47,496%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	17,408%		2,998%		47,260%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	67,134%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	78,847%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	258,8	346,2	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	170,0	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,333	- Liegt im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor:	---	101,275%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	172,1	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar (war's vorher ja auch schon).

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	9408,58	1,22	1,22	0,00	0,00	1,95	0,00	4,39	1,95
	unbeschriftete Seite	16228,56	0,94	0,56	1,74	0,00	2,44	0,00	5,68	2,44
#2	beschriftete Seite	20446,36	0,59	1,43	0,80	3,69	2,23	0,00	8,74	2,23
	unbeschriftete Seite	22222,18	0,42	0,98	3,17	1,78	2,30	0,00	8,65	2,30
Mittelwert:		17076,42	0,79	1,05	1,43	1,37	2,23	0,00	6,87	2,23

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _∞ bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	64,35	84,15	0,19	0,73	63,50	66,81
			Messung 2	64,22	84,08	0,17	0,76	63,35	66,72
		beschriftete Seite	Messung 1	64,75	84,35	0,18	0,74	63,89	67,19
			Messung 2	64,57	84,26	0,16	0,78	63,67	67,01
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	64,35	84,15	0,17	0,75	63,47	66,79
			Messung 2	64,39	84,17	0,18	0,80	63,47	66,92
		beschriftete Seite	Messung 1	64,10	84,02	0,17	0,75	63,22	66,57
			Messung 2	64,42	84,18	0,16	0,78	63,51	66,84
		Mittelwert:		64,39	84,17	0,17	0,76	63,51	66,86
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	80,35	91,84	-0,37	1,61	78,31	82,84
			Messung 2	80,22	91,78	-0,36	1,61	78,17	82,64
		beschriftete Seite	Messung 1	80,46	91,89	-0,39	1,67	78,35	82,82
			Messung 2	80,62	91,96	-0,34	1,58	78,61	82,98
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	80,07	91,71	-0,34	1,59	78,05	82,55
			Messung 2	79,85	91,62	-0,36	1,62	77,81	82,28
		beschriftete Seite	Messung 1	80,61	91,96	-0,36	1,61	78,57	83,02
			Messung 2	80,44	91,88	-0,39	1,59	78,41	82,85
		Mittelwert:		80,33	91,83	-0,36	1,61	78,29	82,75
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								78,108%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	96,44	98,60	-0,14	0,55	95,53	97,38	
		#2	96,46	98,62	-0,18	0,59	95,51	97,37	
	Mittelwert:		96,45	98,61	-0,16	0,57	95,52	97,38	

Deinking-Versuch #64: JFX (LUS150) auf UPM Finesse premium silk

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 23 unbedruckte Blätter A8 (= 3 unbedruckte Blätter A5 – 1 Blatt A8)

Deinking-Lösung: 200 g Standard-Chemie + 200 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,84 – *Hoch, aber noch OK.*

vor der Lagerung: 9,25

nach der Lagerung: 9,17

vor der Flotation: 8,04

Masse des Schaums: 2993,3 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	453,5	472,3	510,3	540,9	523,3	533,2
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,749	5,894	2,859	3,038	22,559	22,907
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,775	0,765	0,755	0,798	0,796	0,810
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	4,974	5,129	2,104	2,240	21,763	22,097
Stoffdichte [%]:	1,097%	1,086%	0,412%	0,414%	4,159%	4,144%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,091%		0,413%		4,152%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	2,215	2,289	0,648	0,698	11,459	11,633
Aschegehalt [%]:	44,532%	44,629%	30,798%	31,161%	52,654%	52,645%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	44,580%		30,980%		52,649%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	36,743%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	45,760%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	252,0	665,5	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	326,7	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	0,973	- Viel zu wenig!
Korrekturfaktor:	---	138,746%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	453,3	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,366	- Liegt jetzt im Soll.
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	98,829%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	448,0	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar, obwohl es vor der Membran trüb war.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	140706,45	9,51	19,79	25,29	24,63	164,94	899,30	1143,46	1064,24
	unbeschriftete Seite	196249,47	10,07	16,13	23,31	27,59	133,86	1330,46	1541,42	1464,32
#2	beschriftete Seite	115994,39	15,33	23,73	28,08	34,18	168,77	902,57	1172,66	1071,34
	unbeschriftete Seite	232719,09	8,36	19,06	20,49	15,85	170,90	1511,77	1746,43	1682,67
Mittelwert:		171417,35	10,82	19,68	24,29	25,56	159,62	1161,03	1400,99	1320,64

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	79,51	91,46	-0,29	0,22	79,32	81,63
			Messung 2	78,21	90,88	-0,33	0,42	77,71	79,99
		beschriftete Seite	Messung 1	84,63	93,72	-0,41	0,38	84,17	86,17
			Messung 2	84,60	93,71	-0,37	0,29	84,26	86,09
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	73,77	88,81	-0,33	-0,04	73,85	75,00
			Messung 2	68,55	86,28	-0,42	-0,08	68,64	69,24
		beschriftete Seite	Messung 1	85,79	94,22	-0,46	0,52	85,18	87,42
			Messung 2	84,78	93,79	-0,46	0,55	84,12	86,38
	Mittelwert:			79,98	91,61	-0,38	0,28	79,66	81,49
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	88,96	95,56	-0,02	0,38	88,59
Messung 2				88,83	95,51	-0,04	0,39	88,47	92,59
beschriftete Seite			Messung 1	88,60	95,41	-0,03	0,33	88,29	92,15
			Messung 2	88,58	95,41	-0,03	0,34	88,30	92,42
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	88,70	95,46	-0,05	0,41	88,31	92,48
			Messung 2	88,78	95,49	-0,01	0,31	88,49	92,48
		beschriftete Seite	Messung 1	88,96	95,56	-0,02	0,34	88,62	92,71
			Messung 2	88,67	95,44	-0,02	0,34	88,36	92,47
Mittelwert:			88,76	95,48	-0,03	0,36	88,43	92,51	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								85,572%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	95,76	98,34	-0,40	1,04	94,24	97,29	
		#2	95,76	98,34	-0,40	1,03	94,28	97,31	
	Mittelwert:		95,76	98,34	-0,40	1,04	94,26	97,30	

Deinking-Versuch #65: JFX (LUS150) auf maxiscript

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 10 unbedruckte Blätter A8 (= 5 unbedruckte Blätter A7)

Deinking-Lösung: 300 g Standard-Chemie + 100 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 10,00 – *Am oberen Limit!*

vor der Lagerung: 9,52

nach der Lagerung: 9,45

vor der Flotation: 8,18

Anmerkung: Bei diesem Versuch entstand so viel Schaum, dass die Menge an Restwasser in der Zelle in den letzten Minuten der Flotation das Wehr nicht mehr überstieg. Der danach weiterhin entstehende Schaum konnte daher nicht mehr abgeschöpft werden.

Masse des Schaums: zu viel für die Waage, daher wie folgt rechnen:

Entnahmegewichte (536,1 g + 519,0 g)

+ Gewicht des Restschaums inkl. Becher (3750,5 g)

– Leergewicht des Bechers (300,5 g)

= 4505,1 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	459,5	469,9	498,1	490,9	536,1	519,0
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,685	5,797	2,556	2,531	15,888	15,164
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,814	0,804	0,786	0,785	0,788	0,755
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	4,871	4,993	1,770	1,746	15,100	14,409
Stoffdichte [%]:	1,060%	1,063%	0,355%	0,356%	2,817%	2,776%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,061%		0,356%		2,796%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,495	1,528	0,260	0,252	5,987	5,609
Aschegehalt [%]:	30,692%	30,603%	14,689%	14,433%	39,649%	38,927%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	30,647%		14,561%		39,288%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	34,053%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	41,951%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	259,1	773,5	- Liegt über den 688 g; die Filtratmenge wird daher anteilig erhöht.
Zu verwendende Filtratmenge [g]:	---	112,4	
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	379,7	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,184	- Zu niedrig...
Korrekturfaktor:	---	114,020%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	433,0	
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,388	- Liegt im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	97,262%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	421,1	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat nach dem Filter klar, obwohl es vorher trüb war.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	221635,91	231,07	330,16	365,10	409,00	2986,13	33718,05	38039,51	36704,18
	unbeschriftete Seite	271425,93	198,21	308,77	384,86	364,13	3029,12	41497,82	45782,91	44526,94
#2	beschriftete Seite	216071,49	217,72	362,63	415,80	401,79	2802,24	33102,75	37302,93	35904,99
	unbeschriftete Seite	296648,20	183,16	276,82	355,21	348,69	2836,17	43822,59	47822,64	46658,76
Mittelwert:		251445,38	207,54	319,60	380,24	380,90	2913,42	38035,30	42237,00	40948,72

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _x bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	73,67	88,76	0,24	-1,47	75,56	77,08
			Messung 2	74,01	88,93	0,15	-1,31	75,77	77,38
		beschriftete Seite	Messung 1	71,63	87,79	0,29	-1,34	73,34	74,93
			Messung 2	71,46	87,71	0,21	-1,26	73,03	74,56
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	70,10	87,05	0,27	-1,45	71,93	73,06
			Messung 2	66,30	85,15	0,17	-1,16	67,67	68,63
		beschriftete Seite	Messung 1	73,94	88,89	0,09	-1,14	75,48	77,18
			Messung 2	74,64	89,22	0,15	-1,21	76,27	77,83
	Mittelwert:			71,97	87,94	0,20	-1,29	73,63	75,08
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	75,45	89,60	0,66	-1,95	78,00
Messung 2				74,72	89,26	0,57	-1,96	77,22	79,46
beschriftete Seite			Messung 1	73,66	88,76	0,48	-1,82	76,03	78,59
			Messung 2	74,60	89,20	0,81	-2,08	77,29	80,27
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	75,22	89,50	0,68	-2,14	77,99	80,38
			Messung 2	75,39	89,58	0,76	-2,06	78,07	80,67
		beschriftete Seite	Messung 1	74,31	89,07	0,68	-2,08	77,01	79,49
			Messung 2	75,31	89,54	0,87	-2,17	78,16	81,19
Mittelwert:			74,83	89,31	0,69	-2,03	77,47	80,07	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								40,035%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	89,23	95,68	-0,30	0,89	88,09	91,61	
		#2	90,00	96,00	-0,28	0,91	88,81	92,18	
	Mittelwert:		89,62	95,84	-0,29	0,90	88,45	91,90	

Deinking-Versuch #66: JFX (LUS150) auf Modo Jet Plus

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 110 unbedruckte Blätter A8 (= 7 unbedruckte Blätter A4 – 1 Blatt A7)

Deinking-Lösung: 400 g Standard-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,12 – *Sehr niedrig, aber noch OK.*

vor der Lagerung: 8,54

nach der Lagerung: 8,30

vor der Flotation: 7,88

Anmerkung: Bei diesem Versuch entstand so viel Schaum, dass die Menge an Restwasser in der Zelle in den letzten Minuten der Flotation das Wehr nicht mehr überstieg. Der danach weiterhin entstehende Schaum konnte daher nicht mehr abgeschöpft werden.

Masse des Schaums: zu viel für die Waage, daher wie folgt rechnen:

Entnahmegewichte (552,3 g + 538,0 g)

+ zusätzliches nicht verwendetes Entnahmegewicht (301,8 g)

+ Gewicht des Restschaums inkl. Becher (3836,3 g)

– Leergewicht des Bechers (300,4 g)

= 4928,0 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	485,7	470,3	503,4	512,8	552,3	538,0
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	6,152	5,947	2,465	2,527	13,876	13,140
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,800	0,786	0,771	0,777	0,756	0,762
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,352	5,161	1,694	1,750	13,120	12,378
Stoffdichte [%]:	1,102%	1,097%	0,337%	0,341%	2,376%	2,301%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,100%		0,339%		2,338%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,167	1,128	0,158	0,159	4,065	3,819
Aschegehalt [%]:	21,805%	21,856%	9,327%	9,086%	30,983%	30,853%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	21,831%		9,206%		30,918%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	41,788%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	48,537%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutsenblätter (2,75 g) [g]:	250,1	811,5	
Zu verwendende Filtratmenge [g]:	---	117,9	- Liegt über den 688 g; die Filtratmenge wird daher anteilig erhöht.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	398,4	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,259	- Etwas unterm Soll.
Korrekturfaktor:	---	107,228%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	427,2	- Jetzt im Soll-Bereich.
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,322	
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	102,118%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	436,2	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar & ungefärbt – im Gegensatz zum Filter.

Anmerkung: Die Herstellung eines Filters dauerte bei diesem Versuch (im Gegensatz zu den anderen Versuchen mit diesem Papier) mit 5 Stunden übermäßig lang!

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	222992,98	419,39	670,70	756,97	764,04	4720,16	59935,97	67267,23	64656,13
	unbeschriftete Seite	311233,89	323,64	527,33	617,64	586,66	4343,35	74695,44	81094,06	79038,79
#2	beschriftete Seite	226299,46	439,28	657,77	780,24	722,34	4398,95	61644,42	68643,00	66043,37
	unbeschriftete Seite	313823,26	318,49	541,96	628,23	639,76	4131,09	75338,37	81597,90	79469,46
Mittelwert:		268587,40	375,20	599,44	695,77	678,20	4398,39	67903,55	74650,55	72301,94

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	70,07	87,03	-0,15	-0,15	70,36	71,76
			Messung 2	69,71	86,85	-0,14	-0,02	69,84	71,54
		beschriftete Seite	Messung 1	70,53	87,25	-0,30	0,01	70,66	72,24
			Messung 2	70,81	87,39	-0,16	-0,08	71,02	72,76
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	71,01	87,49	-0,11	-0,25	71,42	72,86
			Messung 2	70,72	87,35	-0,11	-0,09	70,96	72,70
		beschriftete Seite	Messung 1	71,02	87,50	-0,16	-0,16	71,33	72,87
			Messung 2	69,81	86,90	-0,25	-0,18	70,14	71,35
	Mittelwert:			70,46	87,22	-0,17	-0,12	70,72	72,26
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	74,26	89,05	-0,20	0,46	73,81	75,68
			Messung 2	75,77	89,75	-0,11	0,62	75,17	77,51
		beschriftete Seite	Messung 1	71,50	87,73	-0,68	0,83	70,64	72,25
			Messung 2	74,13	88,98	-0,21	0,74	73,36	75,69
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	74,10	88,97	-0,15	0,52	73,57	75,71
			Messung 2	73,96	88,90	0,08	0,42	73,57	75,78
		beschriftete Seite	Messung 1	73,72	88,79	0,06	0,76	72,95	75,79
			Messung 2	73,76	88,81	-0,08	0,64	73,12	75,43
	Mittelwert:			73,90	88,87	-0,16	0,62	73,27	75,48
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								25,201%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	76,34	90,02	0,01	0,35	76,10	80,72	
		#2	76,77	90,22	0,01	0,40	76,52	81,02	
	Mittelwert:		76,56	90,12	0,01	0,38	76,31	80,87	

Deinking-Versuch #67: JFX (LUS150) auf UPM Digi Finesse premium silk

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 21 unbedruckte Blätter A8 (= 3 unbedruckte Blätter A5 – 3 Blätter A8)

Deinking-Lösung: 300 g Standard-Chemie + 100 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,95 – *Sehr hoch, aber gerade noch OK...*

vor der Lagerung: 9,43

nach der Lagerung: 9,39

vor der Flotation: 8,20

Masse des Schaums: 3218,1 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	457,3	476,9	526,7	522,6	504,2	539,4
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,832	5,992	2,801	2,757	21,184	22,538
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,795	0,798	0,759	0,759	0,764	0,797
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,037	5,194	2,042	1,998	20,420	21,741
Stoffdichte [%]:	1,101%	1,089%	0,388%	0,382%	4,050%	4,031%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,095%		0,385%		4,040%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	2,060	2,127	0,640	0,631	9,335	9,955
Aschegehalt [%]:	40,897%	40,951%	31,342%	31,582%	45,715%	45,789%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	40,924%		31,462%		45,752%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	34,051%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	39,505%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	251,1	714,3	<i>- Liegt über den 688 g; die Filtratmenge wird daher anteilig erhöht.</i>
Zu verwendende Filtratmenge [g]:	---	103,8	
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	350,6	<i>- Viel zu niedrig!</i>
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	0,958	
Korrekturfaktor:	---	140,919%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für ein 2. Laborblatt [g]:	---	494,1	<i>- Jetzt im Soll-Bereich.</i>
Trockengewicht des 2. Laborblatts [g]:	---	1,371	
Korrekturfaktor für das 2. Laborblatt:	---	98,468%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	486,6	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar & ungefärbt, der Filter ebenso.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	155817,66	13,97	22,68	23,73	20,24	123,20	1153,33	1357,15	1276,53
	unbeschriftete Seite	397474,88	8,50	17,07	11,32	17,14	161,21	2489,39	2704,63	2650,60
#2	beschriftete Seite	159191,58	12,16	20,10	22,19	19,51	108,88	1030,37	1213,21	1139,25
	unbeschriftete Seite	179829,82	8,36	15,05	17,84	20,97	122,92	989,57	1174,71	1112,49
Mittelwert:		223078,49	10,75	18,73	18,77	19,47	129,05	1415,67	1612,43	1544,72

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	75,28	89,52	-0,50	0,62	74,62	77,45
			Messung 2	76,71	90,19	0,01	0,24	76,53	79,63
		beschriftete Seite	Messung 1	82,20	92,66	-0,60	0,31	81,93	83,80
			Messung 2	81,59	92,39	-0,57	0,40	81,21	83,50
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	67,38	85,70	0,32	-0,71	68,22	69,67
			Messung 2	70,30	87,14	0,19	-0,44	70,90	71,93
		beschriftete Seite	Messung 1	80,92	92,10	-0,68	0,40	80,53	82,20
			Messung 2	80,92	92,10	-0,45	0,12	80,85	82,55
		Mittelwert:		76,91	90,23	-0,29	0,12	76,85	70,13
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	88,16	95,23	0,04	0,17	88,08	92,35
			Messung 2	88,30	95,29	0,02	0,24	88,17	92,52
		beschriftete Seite	Messung 1	88,23	95,26	0,00	0,25	88,08	92,33
			Messung 2	88,26	95,27	-0,01	0,25	88,10	92,32
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	88,31	95,29	0,03	0,25	88,18	92,71
			Messung 2	87,98	95,15	0,06	0,18	87,90	92,15
		beschriftete Seite	Messung 1	88,32	95,30	-0,02	0,23	88,19	92,38
			Messung 2	87,94	95,14	-0,02	0,22	87,79	91,89
		Mittelwert:		88,19	95,24	0,01	0,22	88,06	92,33
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								94,992%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	96,69	98,71	-0,20	0,68	95,65	98,06	
		#2	96,78	98,74	-0,22	0,69	95,69	98,06	
	Mittelwert:		96,74	98,73	-0,21	0,69	95,67	49,03	

Deinking-Versuch #68: JFX (LUS150) auf PaperOne Digital

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 76 unbedruckte Blätter A8 (= 5 unbedruckte Blätter A4 – 1 Blatt A6)

Deinking-Lösung: 400 g Standard-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,50 – *Passt exakt!*

vor der Lagerung: 8,81

nach der Lagerung: 8,69

vor der Flotation: 8,04

Masse des Schaums: zu viel für die Waage, daher wie folgt rechnen:

Entnahmegewichte (524,6 g + 483,0 g)

+ Gewicht des Restschaums inkl. Becher (3347,1 g)

– Leergewicht des Bechers (300,4 g)

= 4054,3 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	458,1	487,3	504,3	522,7	524,6	483,0
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,752	6,152	3,130	3,188	12,848	11,825
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,793	0,831	0,790	0,774	0,779	0,779
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	4,959	5,321	2,340	2,414	12,069	11,046
Stoffdichte [%]:	1,083%	1,092%	0,464%	0,462%	2,301%	2,287%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,087%		0,463%		2,294%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,224	1,311	0,108	0,108	5,607	5,070
Aschegehalt [%]:	24,682%	24,638%	4,615%	4,474%	46,458%	45,899%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	24,660%		4,545%		46,178%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	52,480%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	66,492%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	252,9	594,1	- Je auf 688 g auffüllen
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	291,6	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,357	- Bereits gut im Soll!
Korrekturfaktor:	---	99,484%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	290,1	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar, der Filter ebenso.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	264949,87	279,67	427,71	455,27	475,97	2866,45	49560,40	54065,47	52426,85
	unbeschriftete Seite	337932,64	256,71	403,67	425,38	460,81	3257,20	65626,19	70429,96	68883,39
#2	beschriftete Seite	255757,58	282,32	410,05	482,21	417,58	2824,47	47076,96	51493,59	49901,43
	unbeschriftete Seite	327593,16	254,20	387,75	469,35	481,13	3501,33	65117,47	70211,23	68618,80
Mittelwert:		296558,31	268,23	407,30	458,05	458,87	3112,36	56845,26	61550,06	59957,62

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _∞ bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	73,03	88,46	-0,59	-0,58	73,84	74,49
			Messung 2	73,02	88,46	-0,51	-0,33	73,52	74,81
		beschriftete Seite	Messung 1	73,15	88,52	-0,52	-0,54	73,96	74,85
			Messung 2	73,56	88,72	-0,38	-0,55	74,36	75,52
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	70,99	87,48	-0,74	-0,40	71,59	71,94
			Messung 2	72,58	88,24	-0,52	-0,60	73,40	73,92
		beschriftete Seite	Messung 1	73,50	88,69	-0,54	-0,49	74,24	75,10
			Messung 2	73,80	88,83	-0,55	-0,54	74,60	75,44
	Mittelwert:			72,95	88,43	-0,54	-0,50	73,69	74,51
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	78,49	91,01	-0,67	1,55	76,71
Messung 2				77,61	90,60	-0,55	0,65	76,95	78,83
beschriftete Seite			Messung 1	77,55	90,57	0,04	0,78	76,70	79,78
			Messung 2	77,16	90,40	-0,53	1,03	76,03	78,02
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	77,87	90,72	-0,44	0,67	77,17	79,15
			Messung 2	80,04	91,70	-0,57	0,89	79,07	81,06
		beschriftete Seite	Messung 1	77,42	90,52	-0,73	0,92	76,43	78,03
			Messung 2	77,60	90,60	-0,76	0,79	76,79	78,14
Mittelwert:			77,97	90,77	-0,53	0,91	76,98	79,10	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								36,663%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	95,60	98,27	-0,22	0,50	94,79	96,70	
		#2	95,61	98,28	-0,33	0,74	94,47	96,69	
	Mittelwert:		95,61	98,28	-0,28	0,62	94,63	96,70	

Deinking-Versuch #69: JFX (LUS150) auf Mohawk Loop Eco white vellum

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 1 unbedrucktes Blatt A8

Deinking-Lösung: 300 g Standard-Chemie + 100 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,79 – OK.

vor der Lagerung: 9,24

nach der Lagerung: 9,15

vor der Flotation: 8,36

Anmerkung: Bei diesem Versuch entstand so viel Schaum, dass die Menge an Restwasser in der Zelle in den letzten Minuten der Flotation das Wehr nicht mehr überstieg. Der danach weiterhin entstehende Schaum konnte daher nicht mehr abgeschöpft werden.

Masse des Schaums: zu viel für die Waage, daher wie folgt rechnen:

Entnahmegewichte (558,1 g + 522,3 g)

+ zusätzliches nicht verwendetes Entnahmegewicht (505,7 g)

+ Gewicht des Restschaums inkl. Becher (3913,2g)

– Leergewicht des Bechers (300,5 g)

= 5198,8 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	479,6	466,0	519,1	529,8	558,1	522,3
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	6,074	5,963	2,872	2,917	13,735	12,902
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,752	0,816	0,773	0,774	0,772	0,795
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,322	5,147	2,099	2,143	12,963	12,107
Stoffdichte [%]:	1,110%	1,105%	0,404%	0,404%	2,323%	2,318%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,107%		0,404%		2,320%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,185	1,142	0,141	0,148	4,166	3,864
Aschegehalt [%]:	22,266%	22,188%	6,717%	6,906%	32,138%	31,915%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	22,227%		6,812%		32,027%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	39,466%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	47,288%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	248,4	680,0	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	333,8	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,317	- Noch im Soll-Bereich!
Korrekturfaktor:	---	102,506%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	342,2	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	134580,79	421,03	675,12	753,76	674,67	4276,07	30829,41	37630,06	35105,48
	unbeschriftete Seite	181543,15	401,13	646,87	772,33	783,31	5160,17	46195,09	53958,90	51355,26
#2	beschriftete Seite	140003,99	417,40	655,47	806,51	701,40	4673,02	33601,99	40855,79	38275,01
	unbeschriftete Seite	182933,87	410,02	701,46	812,71	814,77	5323,61	48571,63	56634,20	53895,24
Mittelwert:		159765,45	412,40	669,73	786,33	743,54	4858,22	39799,53	47269,74	44657,75

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	79,72	91,56	-0,87	0,95	78,66	79,63
			Messung 2	80,10	91,73	-0,78	0,89	79,10	80,05
		beschriftete Seite	Messung 1	80,49	91,90	-0,66	0,97	79,36	80,90
			Messung 2	80,50	91,91	-0,76	0,98	79,39	80,69
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	78,84	91,16	-0,86	0,68	78,08	78,47
			Messung 2	79,54	91,48	-0,79	0,85	78,59	79,46
		beschriftete Seite	Messung 1	80,27	91,81	-0,76	1,01	79,13	80,61
			Messung 2	78,95	91,21	-0,80	0,88	77,97	78,97
		Mittelwert:		79,80	91,60	-0,79	0,90	78,79	79,85
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	79,80	91,60	-0,55	1,60	77,97	80,86
			Messung 2	80,17	91,76	-0,72	1,58	78,34	80,81
		beschriftete Seite	Messung 1	77,40	90,51	-0,92	1,65	75,55	77,85
			Messung 2	78,28	90,91	-0,57	1,41	76,73	79,11
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	80,13	91,74	-0,77	1,67	78,23	80,65
			Messung 2	79,68	91,54	-0,75	1,61	77,85	80,24
		beschriftete Seite	Messung 1	76,47	90,08	-0,78	1,31	75,05	76,61
			Messung 2	77,54	90,57	-0,52	1,48	75,88	78,34
		Mittelwert:		78,68	91,09	-0,70	1,54	76,95	79,31
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								-6,134%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	97,18	98,90	-0,42	1,00	95,71	97,94	
		#2	97,22	98,91	-0,42	1,04	95,68	97,93	
	Mittelwert:		97,20	98,91	-0,42	1,02	95,70	97,94	

Deinking-Versuch #70: JFX (LUS150) auf Navigator

Papiermenge: 15 Drucke A3

Deinking-Lösung: 300 g Standard-Chemie + 100 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,83 – OK.

vor der Lagerung: 9,34

nach der Lagerung: 9,25

vor der Flotation: 8,06

Masse des Schaums: zu viel für die Waage, daher wie folgt rechnen:

$$\begin{aligned}
 &\text{Entnahmegewichte (502,8 g + 512,4 g)} \\
 &+ \text{Gewicht des Restschaums inkl. Becher (3621,1 g)} \\
 &- \text{Leergewicht des Bechers (300,3 g)} \\
 &= 4336,0 \text{ g}
 \end{aligned}$$

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	466,6	480,5	510,3	517,2	502,8	512,4
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,841	6,043	3,462	3,510	11,591	11,746
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,811	0,781	0,804	0,788	0,774	0,763
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,030	5,262	2,658	2,722	10,817	10,983
Stoffdichte [%]:	1,078%	1,095%	0,521%	0,526%	2,151%	2,143%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,087%		0,524%		2,147%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,142	1,189	0,105	0,110	4,697	4,753
Aschegehalt [%]:	22,704%	22,596%	3,950%	4,041%	43,422%	43,276%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	22,650%		3,996%		43,349%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	52,392%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	65,028%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	253,1	525,2	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	257,8	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,366	- Liegt im Soll-Bereich.
Korrekturfaktor:	---	98,829%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	254,8	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	269668,43	346,53	514,19	608,05	529,24	4125,97	63458,35	69582,33	67584,32
	unbeschriftete Seite	411063,90	263,33	372,21	456,04	451,23	3936,43	87017,26	92496,50	90953,69
#2	beschriftete Seite	288158,78	311,07	502,55	521,82	514,68	3505,62	63496,22	68851,96	67001,84
	unbeschriftete Seite	414644,70	255,46	397,23	471,79	472,24	3507,78	87182,03	92286,53	90689,81
Mittelwert:		345883,95	294,10	446,55	514,43	491,85	3768,95	75288,47	80804,33	79057,42

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	70,68	87,33	0,54	-1,50	72,63	73,10
			Messung 2	71,01	87,49	0,69	-1,61	73,10	73,86
		beschriftete Seite	Messung 1	71,29	87,63	0,65	-1,52	73,29	74,16
			Messung 2	70,62	87,30	0,60	-1,50	72,58	73,44
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	69,96	86,98	0,78	-1,65	72,00	72,77
			Messung 2	70,84	87,41	0,79	-1,65	72,91	73,64
		beschriftete Seite	Messung 1	70,47	87,23	0,44	-1,36	72,24	72,97
			Messung 2	71,75	87,85	0,74	-1,70	74,00	74,72
	Mittelwert:			70,83	87,40	0,65	-1,56	72,84	73,58
	DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	73,66	88,76	0,19	0,32	73,43
Messung 2				73,50	88,68	-0,03	0,00	73,66	75,08
beschriftete Seite			Messung 1	73,70	88,78	0,18	0,10	73,76	75,86
			Messung 2	73,66	88,76	-0,03	0,16	73,59	75,14
#2		unbeschriftete Seite	Messung 1	75,53	89,64	0,16	0,18	75,50	77,56
			Messung 2	71,65	87,80	0,43	-0,18	71,97	73,81
		beschriftete Seite	Messung 1	74,44	89,13	0,11	-0,15	74,82	76,28
			Messung 2	75,00	89,39	0,21	0,20	74,90	77,22
Mittelwert:			73,89	88,87	0,15	0,08	73,95	75,86	
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								19,035%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	94,49	97,83	-0,11	0,43	93,82	95,81	
		#2	94,61	97,88	-0,17	0,49	93,94	95,93	
	Mittelwert:		94,55	97,86	-0,14	0,46	93,88	95,87	

Deinking-Versuch #71: JFX (LUS150) auf DNS Color Print

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 5 unbedruckte Blätter A8

Deinking-Lösung: 400 g Standard-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,15 – *Sehr niedrig, aber noch OK.*

vor der Lagerung: 8,71

nach der Lagerung: 8,56

vor der Flotation: 8,09

Masse des Schaums: zu viel für die Waage, daher wie folgt rechnen:

Entnahmegewichte (550,4 g + 558,5 g)

+ Gewicht des Restschaums inkl. Becher (3779,8 g)

– Leergewicht des Bechers (300,0 g)

= 4588,7 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	469,5	468,2	527,2	531,3	550,4	558,5
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	5,934	5,861	2,530	2,550	15,368	15,527
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,795	0,773	0,748	0,768	0,770	0,777
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,139	5,088	1,782	1,782	14,598	14,750
Stoffdichte [%]:	1,095%	1,087%	0,338%	0,335%	2,652%	2,641%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,091%		0,337%		2,647%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	1,068	1,051	0,075	0,074	4,404	4,478
Aschegehalt [%]:	20,782%	20,656%	4,209%	4,153%	30,169%	30,359%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	20,719%		4,181%		30,264%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	38,137%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	46,093%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	- Liegt über den 688 g; die Filtratmenge wird daher anteilig erhöht. - Sehr gut im Soll!
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	252,1	816,7	
Zu verwendende Filtratmenge [g]:	---	118,7	
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	400,9	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,358	
Korrekturfaktor:	---	99,411%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	398,6	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: Filtrat klar, Filter leicht bräunlich.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	245089,89	235,88	340,82	382,35	336,33	2242,02	36878,88	40416,28	39120,90
	unbeschriftete Seite	372264,83	197,06	273,58	345,04	330,65	2349,96	55257,20	58753,49	57607,16
#2	beschriftete Seite	261845,47	265,70	354,97	380,23	350,51	2401,80	42083,47	45836,68	44485,27
	unbeschriftete Seite	332419,31	228,07	320,61	365,00	347,75	2755,10	53553,83	57570,36	56308,93
Mittelwert:		302904,88	231,68	322,50	368,16	341,31	2437,22	46943,35	50644,20	49380,57

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _z bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	71,10	87,54	0,58	-1,24	72,79	73,30
			Messung 2	71,43	87,69	0,87	-1,36	73,18	74,04
		beschriftete Seite	Messung 1	72,56	88,24	0,70	-1,45	74,41	74,90
			Messung 2	71,71	87,83	0,58	-1,26	73,41	74,03
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	72,15	88,04	0,72	-1,38	73,99	74,64
			Messung 2	72,21	88,07	0,69	-1,30	73,94	74,71
		beschriftete Seite	Messung 1	72,17	88,05	0,65	-1,36	73,95	74,67
			Messung 2	71,31	87,64	0,57	-1,45	73,19	73,40
		Mittelwert:		71,83	87,89	0,67	-1,35	73,61	74,21
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	77,89	90,73	0,00	0,28	77,67	79,50
			Messung 2	79,40	91,42	0,28	0,43	79,02	81,49
		beschriftete Seite	Messung 1	78,99	91,23	0,10	0,47	78,53	80,68
			Messung 2	78,42	90,97	0,41	0,14	78,39	80,74
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	78,67	91,08	0,22	0,05	78,76	80,48
			Messung 2	78,56	91,04	0,57	0,26	78,37	81,13
		beschriftete Seite	Messung 1	78,96	91,21	0,05	-0,06	79,24	80,50
			Messung 2	79,42	91,43	0,06	0,46	79,00	81,23
		Mittelwert:		78,79	91,14	0,21	0,25	78,62	70,57
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								-37,009%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	95,47	98,22	0,03	0,32	94,97	96,90	
		#2	95,33	98,17	-0,04	0,49	94,61	96,83	
	Mittelwert:		95,40	98,20	-0,01	0,41	94,79	96,87	

Deinking-Versuch #72: JFX (LUS150) auf jetscript ML

Papiermenge: 15 Drucke A3 + 23 unbedruckte Blätter A8 (= 3 unbedruckte Blätter A5 – 1 Blatt A8)

Deinking-Lösung: 350 g Standard-Chemie + 50 g Minimal-Chemie

pH-Werte: nach dem Pulpen: 9,47 – *Sehr gut!*

vor der Lagerung: 8,88

nach der Lagerung: 8,74

vor der Flotation: 8,03

Masse des Schaums: zu viel für die Waage, daher wie folgt rechnen:

Entnahmegewichte (537,9 g + 520,2 g)

+ zusätzliches nicht verwendetes Entnahmegewicht (495,1 g)

+ Gewicht des Restschaums inkl. Becher (3526,7 g)

– Leergewicht des Bechers (300,5 g)

= 4779,3 g

<u>Stoffdichten-Berechnung:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Entnahmegewicht [g]:	473,3	472,8	502,5	534,4	537,9	520,2
Trockengewicht mit Filterblatt [g]:	6,117	6,100	4,224	4,459	8,985	8,657
Trockengewicht des Filterblatts [g]:	0,784	0,778	0,780	0,782	0,792	0,784
Trockengewicht ohne Filterblatt [g]:	5,333	5,322	3,444	3,677	8,193	7,873
Stoffdichte [%]:	1,127%	1,126%	0,685%	0,688%	1,523%	1,513%
Mittelwert der Stoffdichte [%]:	1,126%		0,687%		1,518%	

<u>Aschegehalte & Ausbeuten:</u>	UP		DP		Schaum	
	v1	v2	v1	v2	v1	v2
Gewicht der Asche [g]:	0,887	0,883	0,088	0,094	3,443	3,275
Aschegehalt [%]:	16,632%	16,592%	2,555%	2,556%	42,024%	41,598%
Mittelwert des Aschegehalts [%]:	16,612%		2,556%		41,811%	
Ausbeute (gesamt) [%]:	64,204%					
Ausbeute (Fasern) [%]:	75,026%					

<u>Entnahmegewichte:</u>	UP	DP	
Für Nutschenblätter (2,75 g) [g]:	244,2	400,5	- Je auf 688 g auffüllen.
Für Laborblätter (1,35 g) [g]:	---	196,6	
Trockengewicht des 1. Laborblatts [g]:	---	1,347	- Liegt sehr gut im Soll!
Korrekturfaktor:	---	100,223%	
Korrigiertes Entnahmegewicht für die Laborblätter [g] – final:	---	197,0	

Filtrat nach Herstellung der Membranfilter: So klar wie es vor der Membran schon war.

Ergebnisse der Schmutzpunkt-Messungen:

Proben-Nummer & Seite		Mittlere Partikelgröße [µm]	Flächenanteil [mm² / m²]							
			Partikelgröße 50–100 µm	Partikelgröße 100–150 µm	Partikelgröße 150–200 µm	Partikelgröße 200–250 µm	Partikelgröße 250–500 µm	Partikelgröße 500–50000 µm	Gesamtzahl von Partikeln > 50 µm (A ₅₀)	Gesamtzahl von Partikeln > 250 µm (A ₂₅₀)
#1	beschriftete Seite	176453,18	204,73	389,21	585,02	567,43	5354,80	29996,62	37097,81	35351,42
	unbeschriftete Seite	214761,10	206,37	372,56	533,22	678,23	5483,43	39097,13	46370,94	44580,56
#2	beschriftete Seite	174489,73	225,95	449,14	621,82	625,09	5265,39	31594,11	38781,50	36859,50
	unbeschriftete Seite	223891,91	198,18	381,03	560,25	653,52	5939,72	42342,17	50074,87	48281,89
Mittelwert:		197398,98	208,81	397,99	575,08	631,07	5510,84	35757,51	43081,28	41268,34

Ergebnisse der Farbmessungen:

Probe / Messung			Y (C/2°)	L* (C/2°)	a* (C/2°)	b* (C/2°)	Tappi-Weißgrad	R _∞ bei 700 nm	
UP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	71,90	87,92	-0,27	0,51	71,32	73,36
			Messung 2	71,97	87,95	-0,20	0,51	71,42	73,40
		beschriftete Seite	Messung 1	72,44	88,18	-0,36	0,57	71,88	73,76
			Messung 2	72,07	88,00	-0,36	0,53	71,55	73,40
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	72,67	88,29	-0,06	0,60	72,04	74,46
			Messung 2	72,23	88,08	-0,49	0,65	71,56	73,23
		beschriftete Seite	Messung 1	71,74	87,84	-0,35	0,40	71,32	72,79
			Messung 2	73,04	88,47	-0,32	0,54	72,45	74,32
		Mittelwert:		72,26	88,09	-0,30	0,54	71,69	73,59
DP	#1	unbeschriftete Seite	Messung 1	79,49	91,45	-0,15	1,16	78,01	81,38
			Messung 2	78,61	91,06	-0,27	1,09	77,32	80,42
		beschriftete Seite	Messung 1	79,07	91,27	-0,29	0,76	78,18	80,56
			Messung 2	76,63	90,15	-0,01	0,98	75,46	78,76
	#2	unbeschriftete Seite	Messung 1	80,11	91,73	-0,20	0,98	78,87	81,91
			Messung 2	79,76	91,58	0,10	0,95	78,60	82,20
		beschriftete Seite	Messung 1	78,56	91,03	-0,08	0,53	77,84	80,30
			Messung 2	79,69	91,55	-0,27	1,38	78,02	81,61
		Mittelwert:		78,99	91,23	-0,15	0,98	77,79	80,89
Ink Elimination nach vereinfachter Berechnung:								52,381%	
Membranfilter	ohne Retentionsmittel	#1	97,03	98,84	-0,12	0,52	96,18	98,01	
		#2	96,99	98,82	-0,14	0,60	96,02	97,98	
	Mittelwert:		97,01	98,83	-0,13	0,56	96,10	98,00	

Quellenverzeichnis

- [1] Roderich von Detten: »Einer für alles? Zur Karriere und zum Missbrauch des Nachhaltigkeitsbegriffs«. Wissenschaftlicher Essay, in: Sächsische Carlowitz-Gesellschaft (Hrsg.): *Die Erfindung der Nachhaltigkeit – Leben, Werk und Wirkung des Hans Carl von Carlowitz*. München: oekom Verlag, 2013, S. 111–125
- [2] Daniel Überall: »Nachhaltigkeit: Wachstum mit Zukunft.« Fachartikel im Web. URL: <http://www.mediamundo.biz/res/downloads/Nachhaltigkeitsbegriff.pdf> [Stand: 21.03.2012; letzter Zugriff: 09.04.2015]
- [3] Ulrich Grober: »Von Freiberg nach Rio – Carlowitz und die Bildung des Begriffs »Nachhaltigkeit««. Wissenschaftlicher Essay, in: Sächsische Carlowitz-Gesellschaft (Hrsg.): *Die Erfindung der Nachhaltigkeit – Leben, Werk und Wirkung des Hans Carl von Carlowitz*. München: oekom Verlag, 2013, S. 13–30
- [4] Ulrich Grober: *Die Entdeckung der Nachhaltigkeit – Kulturgeschichte eines Begriffs*. Sachbuch. München: Verlag Antje Kunstmann, 2013
- [5] Harald Thomasius: »Die Sylvicultura oeconomica – eine Rezension aus heutiger Sicht«. Wissenschaftlicher Essay, in: Sächsische Carlowitz-Gesellschaft (Hrsg.): *Die Erfindung der Nachhaltigkeit – Leben, Werk und Wirkung des Hans Carl von Carlowitz*. München: oekom Verlag, 2013, S. 61–80
- [6] Hans Carl von Carlowitz: *Sylvicultura oeconomica oder Haußwirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur Wilden Baum-Zucht*. Fachbuch. Neuausgabe von Joachim Hamberger (Hrsg.). München: oekom Verlag, 2013
- [7] Joachim Hamberger: »Nachhaltigkeit: Die Vermessung eines Begriffs«. Wissenschaftlicher Essay, in: Sächsische Carlowitz-Gesellschaft (Hrsg.): *Die Erfindung der Nachhaltigkeit – Leben, Werk und Wirkung des Hans Carl von Carlowitz*. München: oekom Verlag, 2013, S. 127–140
- [8] Wolfgang Haber: »Nachhaltige Entwicklung zwischen Notwendigkeit, Tugend und Illusion«. Wissenschaftlicher Essay, in: Sächsische Carlowitz-Gesellschaft (Hrsg.): *Die Erfindung der Nachhaltigkeit – Leben, Werk und Wirkung des Hans Carl von Carlowitz*. München: oekom Verlag, 2013, S. 83–110
- [9] European Recovered Paper Council: »Paper Value Chain.« Flow Chart im Web. URL: <http://www.paperrecovery.org/uploads/Modules/Publications/paperloop-101829A.pdf> [Stand: 09.10.2007; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [10] Werner Franke (Hrsg.): *Prüfung von Papier, Pappe, Zellstoff und Holzstoff 2 – Mikroskopische und photometrische Verfahren*. Fachbuch. Berlin: Springer-Verlag, 1993
- [11] European Recovered Paper Council: »Paper Recycling – Monitoring Report 2014.« Fachbroschüre im Web. URL: http://www.paperrecovery.org/uploads/Modules/Publications/Final_MonitoringReport2014.pdf [Stand: 14.10.2015; letzter Zugriff: 10.12.2015]
- [12] Michael Pabsdorf: *Workflows im Digitaldruck: Vergleich von Verfahren und Werkzeugen*. Hausarbeit. Stuttgart: Hochschule der Medien, 2013
- [13] Klaus-Peter Nicolay: »Typisch Digitaldruck«. Fachartikel, in: *Druckmarkt Collection 12: Digitaldruck – Rolle, Bogen, Schwarz-Weiß und Farbe*. Frankel: arcus design & verlag, 2012, S. 8–9
- [14] Anke Oxenfarth & Achim Schorb: »Gut für die Umwelt, gut für die Bilanz.« Interview im Web. URL: <http://www.boersenblatt.net/551929> [Stand: 09.10.2012; letzter Zugriff: 03.01.2016]

- [15] Daniel Überall: »Schont mehr Effizienz die Ressourcen?«. Fachartikel, in: *Druckmarkt Collection 11: Nachhaltigkeit in der Medienproduktion*. Frankel: arcus design & verlag, 2012, S. 39
- [16] Anja Koch, Katharina Matters & Angela Zoglowek: *Geschäftsfeld Digitaldruck*. Wiesbaden: bvdn, 2008
- [17] Nicola Scheifele: »Limetten retten in Sidney« oder die Generation Self Publishing«. Fachartikel, in: *Deutscher Drucker #04/2014*, S. 14–16
- [18] Bernd Jürgen Matt: »Printtechniken im Wandel«. Wissenschaftlicher Essay, in: Mike Friedrichsen (Hrsg.): *Printmanagement – Herausforderung für Druck- und Verlagsunternehmen im Digitalen Zeitalter*. Baden-Baden: Nomos-Verlag, 2004, S. 17–26
- [19] K. Schläpfer: »Einführung in die digitalen Drucktechniken«. Fachkonferenz-Unterlagen. Präsentiert im SGCA-Seminar »Digitaler Druck«, Zürich-Kloten, am 1. Juni 1994
- [20] Klaus-Peter Nicolay: »Eher Evolution denn Revolution«. Fachartikel, in: *Druckmarkt Collection 12: Digitaldruck – Rolle, Bogen, Schwarz-Weiß und Farbe*. Frankel: arcus design & verlag, 2012, S. 4–5
- [21] Eckhard Bölke, Klaus-Peter Nicolay & Hans-Georg Wenke: *IRD-Report – Wie steht es mit dem digitalen Druck?* Marktstudie. Hanau: Institut für rationale Unternehmensführung in der Druckindustrie e.V., 2000
- [22] Martin C. Jürgens: *The Digital Print – Identification and Preservation*. Fachbuch. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2009
- [23] Klaus-Peter Nicolay: »Grenzen ziehen«. Fachartikel, in: *Druckmarkt Collection 12: Digitaldruck – Rolle, Bogen, Schwarz-Weiß und Farbe*. Frankel: arcus design & verlag, 2012, S. 10–12
- [24] Helmut Kipphan: *Handbook of Print Media*. Fachbuch. Berlin: Springer-Verlag, 2001
- [25] Pentti Viluksela, Merja Kariniemi & Minna Nors: *Environmental performance of digital printing*. Wissenschaftliche Studie. Espoo: VTT, 2010. URL: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2010/T2538.pdf> [Stand: 16.06.2010; letzter Zugriff: 03.01.2015]
- [26] Fachverband Medienproduktioner: »HP Indigo Technologie«. Webartikel. URL: <http://www.print-digital.biz/digitale-drucksysteme/HP-indigo-technologie> [Stand & letzter Zugriff: 01.01.2016]
- [27] Kurt K. Wolf: »Digitaler Bücherdruck: Wie produziert man heute Kleinst- und Kleinauflagen?«. Fachartikel, in: *Deutscher Drucker #04/2014*, S. 17–18
- [28] Klaus-Peter Nicolay: »Schwarz-Weiß und richtig digital«. Fachartikel, in: *Druckmarkt Collection 12: Digitaldruck – Rolle, Bogen, Schwarz-Weiß und Farbe*. Frankel: arcus design & verlag, 2012, S. 36–38
- [29] Kodak: »Meet Stream Inkjet Technology – Offset Class Output«. White Paper im Web. URL: http://graphics.kodak.com/KodakGCG/uploadedFiles/kodak_stream_pto_v12.pdf [Stand: 23.07.2009; letzter Zugriff: 10.07.2015]
- [30] Kurt K. Wolf: »Verändert das One-Pass-Printing auch im Großformatdruck den Markt?«. Fachartikel, in: *Deutscher Drucker #19/2014*, S. 19–21
- [31] Epson: »Epson UltraChrome K3 Ink Technology«. Firmenartikel im Web. URL: <http://www.epson.com/cgi-bin/Store/Landing/UltraChromeK3.jsp> [Stand & letzter Zugriff: 10.07.2015]

- [32] HP: »HP Latex Printing Technologies 2012«. White Paper im Web. URL: http://www.hp.com/hpinfo/newsroom/press_kits/2011/HPLatexSummit/LatexTechnology.pdf [Stand: 03.10.2011; letzter Zugriff: 09.07.2015]
- [33] Angela Starck: »Tintenmixturen sind komplizierte Cocktails«. Fachartikel im Web. URL (Hauptseite): http://www.druckerchannel.de/artikel.php?ID=2877&seite=1&t=tintenmixturen_sind_komplizierte_cocktails [Stand: 21.10.2010; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [34] Arbeitskreis UV-Druck (Hrsg.): *UV-Technologie: Der Praxisleitfaden für alle Druckverfahren*. Fachbuch. Wiesbaden: Berufsgenossenschaft Druck und Papierverarbeitung, ca. 2007
- [35] Philip Eaton: »Auflösung im Tintenstrahldruck«. Fachartikel, in: *Print & Produktion* #1-2/2014, S. 22–23
- [36] Kyocera: »KJ4A-TA06ATB-STDC«. Datenblatt im Web. URL: <http://global.kyocera.com/prdct/printing-devices/inkjet-printheads/pdf/KJ4A-TA06ATB-STDC-e.pdf> [Stand: 24.12.2013; letzter Zugriff: 12.12.2015]
- [37] INGEDE: »Druckerzeugnisse und Deinkbarkeit«. Fachartikel im Web. URL: <http://www.ingede.org/digital/2008-tk-deinking-7-lr.pdf> [Stand: 30.05.2008; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [38] Tom Rainey: »Weighing the environmental costs: buy an eReader, or a shelf of books?«. Webartikel. URL: <http://theconversation.com/weighing-the-environmental-costs-buy-an-ereader-or-a-shelf-of-books-8331> [Stand: 25.07.2012; letzter Zugriff: 13.12.2015]
- [39] Caspar Clemens Mierau: »Über ›Totholzmedien««. Blog-Artikel. URL: <http://www.leitmedium.de/2013/03/10/uber-totholzmedien> [Stand: 10.03.2015; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [40] Isabel Seiffert: *Not the End of Print*. Akademische Studie. Stuttgart: Merz Akademie, 2014
- [41] Kajsa Schwerthoeffer: »Ideen für Grünere Seiten«. Fachbroschüre im Web. URL: http://www.nachhaltig-publizieren.de/fileadmin/GP/Broschuere_Grünere_Seiten.pdf [Stand: 21.03.2013; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [42] Green Press Initiative: »Environmental Impacts of e-Books«. Fachartikel im Web. URL: <http://www.greenpressinitiative.org/documents/ebooks.pdf> [Stand: 01.04.2011; letzter Zugriff: 13.12.2015]
- [43] Daniel Goleman & Gregory Norris: »How Green Is My iPad?«. Zeitungsartikel im Web. URL: http://www.nytimes.com/interactive/2010/04/04/opinion/04opchart.html?_r=0 [Stand: 04.04.2010; letzter Zugriff: 13.12.2015]
- [44] Kris De Decker & Vincent Grosjean: »The monster footprint of digital technology«. Webzine-Artikel. URL: <http://www.lowtechmagazine.com/2009/06/embodied-energy-of-digital-technology.html> [Stand: 16.06.2009; letzter Zugriff: 13.12.2015]
- [45] Ted Genoways: »The Price of the Paperless Revolution«. Magazin-Artikel im Web. URL: <http://www.vqronline.org/editors-desk/price-paperless-revolution> [Stand: 21.10.2010; letzter Zugriff: 13.12.2015]
- [46] Ria Müller et. al.: *Anforderungen zur Nachhaltigkeit bei Druckpapieren und in Druckprozessen*. Wissenschaftliche Studie. Berlin: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung & Heidelberg: Institut für Energie- und Umweltforschung, 2013. URL: http://www.nachhaltig-publizieren.de/fileadmin/GP/Hintergrundpapier_Anforderungen_zur_Nachhaltigkeit_2013.pdf [Stand: 08.04.2013; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [47] Anja Schlimbach: »Vom Wald zum Papier«. Fachartikel, in: *Druckmarkt Collection 11: Nachhaltigkeit in der Medienproduktion*. Frankel: arcus design & verlag, 2012, S. 20–21

- [48] Werner Pamminger: »10 Fakten zum Thema Kunststoff«. Broschüre im Web. URL: http://www.mkw.at/pdf/10_Fakten_pro_Kunststoff.pdf [Stand: 16.10.2012; letzter Zugriff: 13.12.2015]
- [49] Emma Ritch: »The Environmental Impact of Amazon's Kindle«. White Paper im Web. URL: http://www.tkearth.com/downloads/thoughts_ereaders.pdf [Stand: 20.08.2009; letzter Zugriff: 13.12.2015]
- [50] The-eBook-Reader.com: »How to Dispose of a Broken or Dead Kindle for Cash«. Blog-Artikel. URL: <http://blog.the-ebook-reader.com/2014/04/26/how-to-dispose-of-a-broken-or-dead-kindle-for-cash> [Stand: 26.04.2014; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [51] Klaus-Peter Nicolay: »Water Footprint und virtuelles Wasser«. Fachartikel, in: *Druckmarkt Collection 11: Nachhaltigkeit in der Medienproduktion*. Frankel: arcus design & verlag, 2012, S. 14–15
- [52] Alexander Rossner: »Grünes, blaues, graues Wasser«. Fachartikel, in: *Druckmarkt Collection 11: Nachhaltigkeit in der Medienproduktion*. Frankel: arcus design & verlag, 2012, S. 16–17
- [53] Rudolf Opitz: »c't Labs: Sonnenbank für Drucksachen«. Fachartikel im Web. URL: <http://www.heise.de/ct/artikel/c-t-Labs-Sonnenbank-fuer-Drucksachen-2289259.html> [Stand: 19.08.2014; letzter Zugriff: 14.07.2015]
- [54] Umweltbundesamt: »Archivierbarkeit von Recyclingpapier«. Politisches Positionspapier im Web. URL: http://www.gruener-beschaffen.de/assets/presse/Umweltbundesamt_Positionspapier_Archivierbarkeit_Link.pdf [Stand: 13.02.2014; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [55] allesebook.de: »PDF-Darstellung: Tablet PC vs eBook Reader«. Blog-Artikel. URL: <http://allesebook.de/ebook-reader-vergleich/pdf-darstellung-tablet-pc-vs-ebook-reader-13136> [Stand: 11.12.2011; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [56] Kris De Decker & Vincent Grosjean: »The digital oubliette«. Webzine-Artikel. URL: <http://www.lowtechmagazine.com/2008/01/the-digital-d-1.html> [Stand: 25.01.2008; letzter Zugriff: 13.12.2015]
- [57] Felix Sasaki: »Die Brücke zwischen digitalen Publikationen und dem Web: EPUB-WEB«. Fach-Präsentation im Web. URL: <http://www.w3.org/Talks/2015/0314-digipub-bookfair-leipzig> [Stand: 14.03.2015; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [58] Michael Schüle: »Wenn der Buchproduzent plötzlich zum Softwareentwickler wird...«. Fachartikel, in: *Deutscher Drucker* #25-26/2013, S. 20–21
- [59] Pagina: »ParsX: Das XML-Framework für kleine und mittelständische Buchverlage«. Firmen-Webseite. URL: <http://www.pagina-online.de/produkte/parsx> [Stand & letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [60] Reemers Publishing Service: »DOT.Factory«. Firmen-Webseite. URL: http://www.reemers.de/dot_factory.html [Stand & letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [61] le-tex Publishing Services: »le-tex transpect: Das Open-Source-Framework für die Konvertierung und Prüfung von Dokumenten«. Firmen-Webseite. URL: <http://www.le-tex.de/de/transpect.html> [Stand & letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [62] zweitwerk: »jadis.flow – Workflow Management«. Firmen-Webseite. URL: http://www.zweitwerk.com/produkte/jadis_flow.phtml [Stand & letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [63] FSEA Staff: »Embracing the Challenges of Digital Print Finishing«. Fachartikel im Web. URL: <http://www.fsea.com/article.asp?ID=131> [Stand: Juni 2011; letzter Zugriff: 03.01.2016]

- [64] Rainer Bücken: »Digitaldruck kämpft ums Ökoimage«. Fachartikel im Web. URL: <http://www.vdi-nachrichten.com/Technik-Wirtschaft/Digitaldruck-kaempft-Oekoimage> [Stand: 26.10.2012; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [65] Heidi Tolliver-Nigro: »Kontroverse über Deinkbarkeit«. Fachartikel, in: *Deutscher Drucker* #08/2011, S. 12–14
- [66] Ulrich Junker: »Tipps und Wissenswertes: Druckerpapiere«. Fachartikel im Web. URL (Hauptseite): http://www.druckerchannel.de/artikel.php?ID=2058&seite=1&t=tipps_und_wissenswertes_druckerpapiere [Stand: 08.11.2007; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [67] J. Strauß: »Aufbereitungsverfahren für Primärfaserstoffe (Zellstoff)«. Wissenschaftlicher Artikel, in: J. Strauß (Hrsg.): *Papierherstellung für Quereinsteiger und Nichttechniker: Eine professionelle Einführung*. München: Papiertechnische Stiftung, 2002, Kapitel 6
- [68] E. Hanecker: »Verfahrenstechnik der Altpapieraufbereitung«. Wissenschaftlicher Artikel, in: J. Strauß (Hrsg.): *Papierherstellung für Quereinsteiger und Nichttechniker: Eine professionelle Einführung*. München: Papiertechnische Stiftung, 2002, Kapitel 3
- [69] Bob Thompson: *Printing Materials – Science and Technology (2nd edition)*. Wissenschaftliches Fachbuch. Leatherhead: Pira International, 2004.
- [70] INGEDE: *INGEDE Method 11: »Assessment of Print Product Recycability – Deinkability Test«*. Norm im Web. URL: <http://www.ingede.org/ingindx/methods/ingede-method-11-2012.pdf> [Stand: 30.07.2012; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [71] Andreas Faul & Axel Fischer: »Simulating a deinking plant in laboratory scale: Requirements and relevance«. Fach-Präsentation im Web. URL: <http://www.ingede.org/ingindx/pdf/2011-ACS-INGEDE-Deinking.pdf> [Stand: 30.03.2011; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [72] E. Hanecker: »Einfluß der Druckverfahren und der Druckfarbenzusammensetzung auf die Deinkbarkeit«. Wissenschaftlicher Artikel, in: H. Großmann, E. Hanecker & H. L. Baumgarten (Hrsg.): *Deinkingtechnik: Verfahren zur Druckfarbenentfernung aus graphischen Altpapieren*. München: Papiertechnische Stiftung, 1994, Kapitel 7
- [73] INGEDE: *INGEDE Method 1: »Test sheet preparation of pulps and filtrates from deinking processes«*. Norm im Web. URL: <http://www.ingede.org/ingindx/methods/ingede-method-01-2014.pdf> [Stand: 16.12.2014; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [74] DIN: *DIN EN ISO 4119: »Halbstoffe – Bestimmung der Stoffdichte«*. Norm [Stand: Mai 1996]
- [75] DIN: *DIN EN ISO 5269-2: »Faserstoffe – Laborblattbildung für physikalische Prüfungen – Teil 2: Rapid-Köthen-Verfahren«*. Norm [Stand: März 2005]
- [76] ISO: *ISO 1762: »Paper, board and pulps – Determination of residue (ash) on ignition at 525 °C«*. Norm [Stand: 15.06.2015]
- [77] INGEDE: *INGEDE Method 2: »Measurement of optical characteristics of pulps and filtrates from deinking processes«*. Norm im Web. URL: <http://www.ingede.org/ingindx/methods/ingede-method-02-2014.pdf> [Stand: 16.12.2014; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [78] DIN: *DIN EN ISO 11664-4: »Farbmetrik – Teil 4: CIE 1976 L*a*b* Farbenraum«*. Norm [Stand: Juni 2012]
- [79] DIN: *DIN 53140: »Prüfung von Papier und Pappe – Bestimmung von Normfarbwerten nach dem Dreibereichsverfahren«*. Norm [Stand: Juni 1992; zurückgezogen seit: Oktober 2003]

- [80] European Recovered Paper Council: »Assessment of Printed Product Recyclability – Deinkability Score«. Norm im Web. URL: <http://www.paperforrecycling.eu/uploads/Modules/Publications/Assessment%20of%20printed%20product%20recyclability.pdf> [Stand: 09.04.2015; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [81] x-rite: »A Guide to Understanding Color Communication«. White Paper im Web. URL: http://www.xrite.com/documents/literature/en/L10-001_Understand_Color_en.pdf [Stand: 02.04.2007; letzter Zugriff: 11.06.2015]
- [82] Digital Print Deinking Alliance: »Influence of Paper in Inkjet Deinking«. Fach-Webseite. URL: <http://thedpda.org/about-paper> [Stand & letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [83] E. Hanecker, T. Stocker, R. Gericke: *Recyclingfähiges Produktdesign von wasserbasierenden Inkjet-Druckerzeugnissen*. Wissenschaftlicher Forschungsbericht im Web. URL: http://www.ptspaper.de/fileadmin/PTS/PTSPAPER/06_Forschung/Dokumente/Forschungsprojekte/IGF_16850.pdf [Stand: März 2015; letzter Zugriff: 25.06.2015]
- [84] Alexander Schiller, Wolfgang Rauh & Thomas Kuën: *Deinking of Inkjet Prints*. Wissenschaftlicher Forschungsbericht im Web. URL: <http://thedpda.org/sites/thedpda.org/files/FB45001Eweb.pdf> [Stand: Dezember 2012; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [85] Fogra: *Fogra's inkjet deinking approval list*. Wissenschaftlicher Forschungsbericht im Web. URL: <http://www.fogra.org/index.php?menuid=594&downloadid=793&reporeid=380> [Stand: 27.05.2015; letzter Zugriff: 20.07.2015]
- [86] Kruger: »MATERIAL SAFETY DATA SHEET: Lightweight Coated paper (LWC)«. Sicherheitsdatenblatt im Web. URL: http://www.kruger.com/assets/uploads/Kruger_MSDS_IP_PP_002-01_Lightweight_Coated.pdf [Stand: 26.08.2015; letzter Zugriff: 28.06.2015]
- [87] IGEPA: »Papier«. Firmen-Webseite. URL: http://www.igepa.de/shop/igepa_group/produkte/papier.html [Stand & letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [88] Mohawk: »Paper Basics«. Firmen-Broschüre im Web. URL: <https://www.mohawkconnects.com/sites/default/files/content/pdf-education/MohawkPaper%20Basics%20March2015.pdf> [Stand: 01.04.2015; letzter Zugriff: 27.06.2015]
- [89] R. Sangl & J. Weigl: »Wechselwirkungen zwischen Druckfarbe und Papier beim Inkjet-Druck«. Wissenschaftlicher Artikel, in: J. Weigl & R. Sangl (Hrsg.): *Wechselwirkungen zwischen Druckfarbe und Papier*. München: Papiertechnische Stiftung, 1999, Kapitel 5
- [90] Sonja Angerer: »Im Kampf mit dem Foto«. Fachartikel, in: *Publisher #02/2010*, S. 50–51
- [91] Sihl: »Inkjet Imaging Papers – Produktübersicht TriSolv«. Firmen-Präsentation im Web. URL: http://www.sihl.ch/download/product/d/RU_TriSolv_2005_d.pdf [Stand: 10.10.2005; letzter Zugriff: 19.07.2015]
- [92] DIN: *DIN 6735: »Papier, Pappe und Faserstoffe – Übersicht von Begriffen«*. Norm [Stand: Februar 2010]
- [93] DIN: *DIN 6730: »Papier und Pappe – Begriffe«*. Norm [Stand: Februar 2011]
- [94] flyerheaven.de: »Papiersorten im Überblick«. Firmen-Broschüre im Web. URL: https://www.flyerheaven.de/shops/flyerheaven/downloads/KnowHow/KnowHow_Papiersorten.pdf [Stand: 30.10.2008; letzter Zugriff: 28.06.2015]
- [95] F. Brüning: »Einsatz und Wirkung der Füllstoffe und chemischen Additive«. Wissenschaftlicher Artikel, in: J. Strauß (Hrsg.): *Papierherstellung für Quereinsteiger und Nichttechniker: Eine professionelle Einführung*. München: Papiertechnische Stiftung, 2002, Kapitel 7

- [96] A. Lind: »Streichen von Papier«. Wissenschaftlicher Artikel, in: J. Strauß (Hrsg.): *Papierherstellung für Quereinsteiger und Nichttechniker: Eine professionelle Einführung*. München: Papiertechnische Stiftung, 2002, Kapitel 11
- [97] DIN: *DIN EN ISO 3262-1: »Füllstoffe für Beschichtungsstoffe – Anforderungen und Prüfverfahren – Teil 1: Einleitung und allgemeine Prüfverfahren«*. Norm [Stand: August 1998]
- [98] Jan C. Walter (Hrsg.): *The Coating Processes*. Fachbuch. Atlanta: Tappi Press, 1993
- [99] Hans Kotte: *Streichen und Beschichten von Papier und Karton*. Fachbuch. Heusenstamm: P. Keppeler Verlag, 1978
- [100] Daniela Schmid: »Kleine Papierkunde, Teil 1: Grundlagen Fotopapiere«. Fachartikel im Web. URL: http://www.digitalkamera.de/Meldung/Kleine_Papierkunde_Teil_1_Grundlagen_Fotopapiere/4085.aspx [Stand: 05.06.2007; letzter Zugriff: 28.06.2015]
- [101] Dan Eklund & Tom Lindström: *Paper Chemistry: An Introduction*. Fachbuch. Grankulla: DT Paper Science Publications, 1991
- [102] Legion Paper: »Gmund Brillianca«. Firmen-Webseite. URL: <http://www.legionpaper.com/gmund-brillanca> [Stand & letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [103] aworldconnected.org: »Kopierer | Fotokopierer | Farbkopierer«. Fachartikel im Web. URL: <http://www.aworldconnected.org/technik/hardware/kopierer> [Stand: 18.07.2009; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [104] HP: »ColorLok Backgrounder«. White Paper im Web. URL: <http://www.colorlok.com/downloads/whitepaper012010.pdf> [Stand: 26.01.2010; letzter Zugriff: 09.08.2015]
- [105] April Asia: »ProDigi Nanotechnology«. Firmen-Webseite. URL: <http://www.paperone.com/paperone-prodigi-nanotechnology> [Stand & letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [106] HP: »ColorPRO Technology for HP PageWide Web Presses«. Firmen-Webseite. URL: <http://www.hp.com/united-states/consumer/colorpro/learn/web-press.html> [Stand & letzter Zugriff: 09.08.2015]
- [107] Mohawk: »What is i-Tone?«. Firmen-Webseite. URL: <http://www.mohawkconnects.com/support/faqs/paper-i-tone> [Stand & letzter Zugriff: 09.08.2015]
- [108] Mohawk: »How to Run Well with Inxwell«. Firmen-Broschüre im Web. URL: http://www.mohawkconnects.com/sites/default/files/content/pdf-education/12.%20Inxwell_manual.pdf [Stand: 19.05.2006; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [109] Florian Rigotti: »Fotopapiere: Porös oder quellend«. Fachartikel im Web. URL: http://www.druckerchannel.de/artikel.php?ID=1630&t=know_how_fotopapierarten [Stand: 20.09.2006; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [110] Roman Barba: »How to Get the Best out of your Large Format Inkjet Photo Papers«. White Paper im Web. URL: http://dfcbseattle.com/work/PSP/pdfs/How_to_get_the_best_out_of_Large_Format_inkjet_photo_papers.pdf [Stand: 12.02.2008; letzter Zugriff: 02.08.2015]
- [111] DIN: *DIN 19306-4: »Papier – Druckpapiere – Teil 4: Technische Lieferbedingungen für Zeitungsdruckpapier«*. Norm [Stand: Oktober 2005]
- [112] DIN: *DIN EN 20535: »Papier und Pappe – Bestimmung des Wasserabsorptionsvermögens – Cobb-Verfahren«*. Norm [Stand: September 1994; zurückgezogen: Juni 2014]

- [113] DIN: DIN 19306-2: »Papier – Druckpapiere – Teil 2: Technische Lieferbedingungen für Offset-Papier, gestrichen und ungestrichen, weiß«. Norm [Stand: Juni 2002]
- [114] DIN: DIN 8730: »Druckmaschinen – Begriffe«. Norm [Stand: März 1968; zurückgezogen]
- [115] Mohawk: »Mohawk Options«. Datenblatt im Web. URL: http://www.mohawkconnects.com/sites/default/files/grade_info_pdfs/MohawkOptionsJan15.pdf [Stand: Januar 2015; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [116] Metapaper: *Metapaper.de/Collection*. Musterbuch. [erhalten: Juli 2015]
- [117] Papyrus: »Mohawk Loop i-tone vellum«. Firmen-Webseite. URL: http://www.papyrus.com/deDE/catalog/c/cat6380133/p/prod6150031/Weitere_Feinstpapiere_HPI/Mohawk_Loop_i_tone_vellum/view.htm [Stand & letzter Zugriff: 21.07.2015]
- [118] Papyrus: »Mohawk Loop i-tone supersmooth«. Firmen-Webseite. URL: http://www.papyrus.com/deDE/catalog/c/cat6380133/p/prod1380037/Weitere_Feinstpapiere_HPI/Mohawk_Loop_i_tone_supersmooth/view.htm [Stand & letzter Zugriff: 21.07.2015]
- [119] Mohawk: »Mohawk Loop«. Datenblatt im Web. URL: http://www.mohawkconnects.com/sites/default/files/grade_info_pdfs/MohawkLoopJan15.pdf [Stand: Januar 2015; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [120] UPM: »UPM Finesse«. Firmen-Webseite. URL: <http://www.upmpaper.com/de/papiere/Pages/Brand.aspx?brid=8®ion=EMEA&language=de> [Stand & letzter Zugriff: 17.07.2015]
- [121] UPM: »UPM Finesse premium silk G«. Datenblatt im Web. URL: <http://www.upmpaper.com/de/papiere/Pages/Paper.aspx?ppid=2012®ion=EMEA&language=de> [Stand & letzter Zugriff: 17.07.2015]
- [122] UPM: »UPM Matt C«. Datenblatt im Web. URL: <http://www.upmpaper.com/de/papiere/Pages/Paper.aspx?ppid=126®ion=EMEA&language=de> [Stand & letzter Zugriff: 17.07.2015]
- [123] UPM: »UPM Digi Papiere für den Laserdruck«. Firmen-Webseite. URL: <http://www.upmpaper.com/de/papiere/Pages/Brand.aspx?brid=26®ion=EMEA&language=de> [Stand & letzter Zugriff: 17.07.2015]
- [124] Mohawk: »Mohawk Superfine«. Datenblatt im Web. URL: http://www.mohawkconnects.com/sites/default/files/grade_info_pdfs/MohawkSuperfineJan15.pdf [Stand: Januar 2015; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [125] IGEPA: »maxioffset, produced by UPM«. Datenblatt im Web. URL: http://www.igepa.de/shop/igepa_group/fileuploader/download/download/d/0/file/custom%2Fupload%2FFile-1446044496.pdf [Stand: Januar 2013; letzter Zugriff: 17.07.2015]
- [126] IGEPA: »maxiscript, produced by UPM«. Datenblatt im Web. URL: http://www.igepa.de/shop/igepa_group/fileuploader/download/download/d/0/file/custom%2Fupload%2FFile-1375956685.pdf [Stand: Januar 2013; letzter Zugriff: 17.07.2015]
- [127] UPM: »UPM Fine«. Datenblatt im Web. URL: <http://www.upmpaper.com/de/papiere/Pages/Paper.aspx?ppid=490®ion=EMEA&language=de> [Stand & letzter Zugriff: 17.07.2015]
- [128] UPM: »UPM Fine SC«. Datenblatt im Web. URL: <http://www.upmpaper.com/de/papiere/Pages/Paper.aspx?ppid=66®ion=EMEA&language=de> [Stand & letzter Zugriff: 17.07.2015]
- [129] April Asia: »PaperOne Copier«. Datenblatt im Web. URL: <http://www.paperone.com/products/paperone-copier> [Stand & letzter Zugriff: 17.07.2015]

- [130] April Asia: »PaperOne All Purpose«. Datenblatt im Web. URL: <http://www.paperone.com/products/paperone-all-purpose> [Stand & letzter Zugriff: 17.07.2015]
- [131] April Asia: »PaperOne Digital«. Datenblatt im Web. URL: <http://www.paperone.com/products/paperone-digital> [Stand & letzter Zugriff: 17.07.2015]
- [132] Papier Union: »Büropapiere und Karton«. Firmen-Webseite. URL: http://www.papierunion.de/starterkit/servlet/segment/papierunion_index/Produkte/CH2_Office-Papiere-und-Medien_Office-Papiere_und_Medien/5540/CO_Bueropapiere-und-Karton_Office_Papiere_Medien_Bueropapiere_Ka.html?subitemId=105750 [Stand & letzter Zugriff: 17.07.2015]
- [133] Mondi: »Mondi uses ColorLok Technology«. Firmen-Webseite. URL: <http://www.mondigroup.com/products/desktopdefault.aspx/tabid-1204> [Stand & letzter Zugriff: 09.08.2015]
- [134] Mondi: »DNS premium«. Firmen-Webseite. URL: <http://www.mondigroup.com/printing/DE/Professionelle%20Papiere/Hybriddruck/HybridDNSpremiumDE.aspx> [Stand & letzter Zugriff: 09.08.2015]
- [135] Mondi: »DNS color print«. Firmen-Webseite. URL: <http://www.mondigroup.com/printing/DE/Professionelle%20Papiere/Digitaldruck/DNS%C2%AE+color+print.aspx> [Stand & letzter Zugriff: 09.08.2015]
- [136] StoraEnso: »MultiCopy«. Datenblatt im Web. URL: <http://assets.storaenso.com/se/printingandreading/ProductAndBrandDocuments/MultiCopy%20Original.pdf> [Stand & letzter Zugriff: 09.08.2015]
- [137] StoraEnso: »MultiCopy Colour Laser«. Datenblatt im Web. URL: <http://assets.storaenso.com/se/printingandreading/ProductAndBrandDocuments/MultiCopy%20Colour%20Laser.pdf> [Stand & letzter Zugriff: 09.08.2015]
- [138] StoraEnso: »MultiCopy Inkjet«. Datenblatt im Web. URL: <http://assets.storaenso.com/se/printingandreading/ProductAndBrandDocuments/MultiCopy%20Inkjet.pdf> [Stand & letzter Zugriff: 09.08.2015]
- [139] International Paper: »Preprint S«. Datenblatt im Web. URL: <http://www.internationalpaper.com/de/produkte/europa-nahost-afrika/papier/offset-papiere/produktbeschreibung/preprint-s> [Stand & letzter Zugriff: 12.12.2015]
- [140] International Paper: »Preprint E«. Datenblatt im Web. URL: <http://www.internationalpaper.com/de/produkte/europa-nahost-afrika/papier/offset-papiere/produktbeschreibung/preprint-e> [Stand & letzter Zugriff: 12.12.2015]
- [141] Grupo Portucel Soporcel: »A Successful Portfolio«. Firmen-Webseite. URL: <http://en.portucelsoporcel.com/Brands> [Stand & letzter Zugriff: 18.07.2015]
- [142] Grupo Portucel Soporcel: »A Range for Every Need«. Firmen-Webseite. URL: <http://www.navigator-paper.com/range> [Stand & letzter Zugriff: 18.07.2015]
- [143] Grupo Portucel Soporcel: »Navigator Office Paper Solutions«. Datenblatt im Web. URL: <http://gps-webservices.com/dynamic-media/files/navigator-brand-datasheet-july-2012.pdf> [Stand & letzter Zugriff: 18.07.2015]
- [144] IGEPA: »Büropapiere«. Firmen-Webseite. URL: http://www.igepa.de/shop/igepa_group/produkte/papier/buropapier.html [Stand & letzter Zugriff: 18.07.2015]
- [145] Grupo Portucel Soporcel: »First impressions don't lie«. Firmen-Webseite. URL: <http://www.target-paper.com/en/target-ready-to-print> [Stand & letzter Zugriff: 18.07.2015]

- [146] Berberich Papier: »Büropapiere«. Firmen-Webseite. URL: <http://www.berberich-papier.de/produkte/bueropapiere> [Stand & letzter Zugriff: 18.07.2015]
- [147] Metsä: »Modo Jet PRO«. Datenblatt im Web. URL: [http://www.metsaboard.com/products/productsearch/pages/productspecification.aspx?productid=PRODUCT_MODAL_JET_PRO\(MetsaBoardBaseProductCatalog\)](http://www.metsaboard.com/products/productsearch/pages/productspecification.aspx?productid=PRODUCT_MODAL_JET_PRO(MetsaBoardBaseProductCatalog)) [Stand & letzter Zugriff: 11.08.2015]
- [148] Metsä: »Modo Jet«. Datenblatt im Web. URL: [http://www.metsaboard.com/products/productsearch/pages/productspecification.aspx?productid=PRODUCT_MODAL_JET\(MetsaBoardBaseProductCatalog\)](http://www.metsaboard.com/products/productsearch/pages/productspecification.aspx?productid=PRODUCT_MODAL_JET(MetsaBoardBaseProductCatalog)) [Stand & letzter Zugriff: 11.08.2015]
- [149] Metsä: »Modo Jet Plus«. Datenblatt im Web. URL: [http://www.metsaboard.com/products/productsearch/pages/productspecification.aspx?productid=PRODUCT_MODAL_JET_PLUS\(MetsaBoardBaseProductCatalog\)](http://www.metsaboard.com/products/productsearch/pages/productspecification.aspx?productid=PRODUCT_MODAL_JET_PLUS(MetsaBoardBaseProductCatalog)) [Stand & letzter Zugriff: 11.08.2015]
- [150] Crown van Gelder: »Crown Letsgo Inkjet«. Firmen-Webseite. URL: http://www.cvg.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=289&Itemid=693&lang=en [Stand & letzter Zugriff: 11.08.2015]
- [151] Crown van Gelder: »Crown High-Speed Inkjet Papers«. Datenblatt. PDF erhalten per E-Mail [Stand der Datei: 01.05.2015]
- [152] Mitsubishi Paper Mills: »Sortiment«. Firmen-Webseite. URL: http://web.archive.org/web/20090130080036/http://mitsubishi-paper.com/spezialpapiere_jetscript_sortiment.html [Stand: 30.01.2009; letzter Zugriff: 01.08.2015]
- [153] Mitsubishi Paper Mills: »Grade Overview Coated Inkjet Paper«. Firmen-Katalog im Web. URL: http://www.mitsubishi-paper.com/fileadmin/user_upload/downloads/Jetscript/Jetscript_Sorteneuebersicht_Gradeoverview_2014_UK.pdf [Stand: 22.08.2014; letzter Zugriff: 01.08.2015]
- [154] Felix Schoeller: »Mikroporös gestrichene Papiere«. Firmen-Webseite. URL: http://www.felix-schoeller.com/de_de/business-unit/foto-digitaldruckpapiere/produkte/je-produktkategorie/mikroporoes-gestrichenes-papier.html [Stand & letzter Zugriff: 18.08.2015]
- [155] ProPhoto: »Inkjet-Photopapiere - Schichtarbeit für bessere Photos«. Fachartikel im Web. URL: <http://www.prophoto-online.de/digitalfotografie/inkjet-photopapiere-schichtarbeit-10000819> [Stand: August 2007; letzter Zugriff: 03.01.2015]
- [156] HP: »HP Everyday Photo, Semi-Gloss Paper - Paper Specifications«. Datenblatt im Web. URL: http://h20564.www2.hp.com/hpsc/doc/public/display?docId=emr_na-bpa04036&DocLang=en&docLocale=en_US&jumpid=reg_r1002_hken_c-001_title_r0002 [Stand & letzter Zugriff: 15.07.2015]
- [157] EMBLEM: *Emblem Waterbook – Designer's Collection 2014*. Musterbuch. [erhalten: Juli 2015]
- [158] EMBLEM: »EMBLEM STAR Photo Semimatt 3«. Datenblatt im Web. URL: http://www.dataplot.de/out/media/cd70fd7cbdbbb915528e4b4416f51c25_Datenblatt_SSEMI3.pdf [Stand: 24.04.2015; letzter Zugriff: 15.09.2015]
- [159] Complot: »Für wasserbasierende Tinten«. Firmen-Webseite. URL: http://www.complot.com/starterkit/servlet/segment/complot_index/produkte/CH2_Medien_Viscom_Medien/465940/CO_fuer-wasserbasierende-Tinten_Viscom_Medien_waterbased.html [Stand & letzter Zugriff: 21.08.2015]

- [160] Felix Schoeller: »Picture Your Future – Now!« Datenblatt im Web. URL: http://web.archive.org/web/20101011101350/http://www.felix-schoeller-imaging.com/fileadmin/user_upload/Dokumente/Kompatibilitaetsliste_2010_D_08.pdf [Stand: 26.01.2010; letzter Zugriff: 07.09.2015]
- [161] Cham Paper Group: »PROMOPRINT: Die innovative Produktlinie des Inkjet-Spezialisten Cham Paper Group«. Anzeige, in: *Deutscher Drucker* #19/2014, S. 5
- [162] Sihl: »Sortimente«. Firmen-Webseite. URL: http://www.sihl.de/Content/page_Content.aspx?nav=26&inf=64&ctl=TeaserGrid [Stand & letzter Zugriff: 06.09.2015]
- [163] Sihl: »Inkjet mit Lösemitteltinte«. Firmen-Webseite. URL: http://www.sihl.de/Content/page_Content.aspx?nav=26&inf=263&CompID=17&txt=&ctl=productssearchresult [Stand & letzter Zugriff: 06.09.2015]
- [164] DIN: *DIN EN ISO 535: »Papier und Pappe – Bestimmung des Wasserabsorptionsvermögens – Cobb-Verfahren«*. Norm [Stand: Juni 2014]
- [165] DIN: *DIN EN 20187: »Papier, Pappe und Zellstoff – Normalklima für die Vorbehandlung und Prüfung und Verfahren zur Überwachung des Klimas und der Probenvorbehandlung«*. Norm [Stand: November 1993]
- [166] M. Kleebauer & M. Güzelarslan: »Einflussfaktoren und Verbesserungsmöglichkeiten für die Tonerhaftung bei ungestrichenen Laserdruck- und Kopierpapieren«. Wissenschaftlicher Artikel im Web. URL: http://www.ptspaper.de/fileadmin/PTS/PTSPAPER/06_Forschung/Dokumente/Forschungsprojekte/AiF_12383.pdf [Stand: März 2015; letzter Zugriff: 25.06.2015]
- [167] Cleverprinting: *PDF/X und Colormanagement*. Fachbuch im Web. URL: http://www.cleverprinting.de/download/Cleverprinting_2013.zip [Stand: 12.04.2013; letzter Zugriff: 15.08.2015]
- [168] Anonym: »Farbdeckung in PDFs«. Thread eines Web-Forums. URL: <http://www.hilfdirelbt.ch/forum/gforum.cgi?post=112388> [Stand: 05.10.2004; letzter Zugriff: 21.07.2015]
- [169] Florian Ermer: »Memjet nimmt's selbst in die Hand«. Fachartikel im Web. URL: http://www.druckerchannel.de/artikel.php?ID=3482&t=news_memjet_c6010_und_c6030_mfp [Stand: 10.04.2014; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [170] Florian Heise: »Laser-Killer«. Fachartikel im Web. URL: http://www.druckerchannel.de/artikel.php?ID=3281&t=test_hp_officejet_pro_x576dw_mfp_update_mit_serienmodell [Stand: 23.11.2012; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [171] HP: »HP Office Jet X – Geld-Zurück-Garantie«. Firmen-Webseite. URL: <https://h41201.www4.hp.com/WMCF.Web/de/de/promotion/2812/Details/> [Stand & letzter Zugriff: 05.10.2015]
- [172] Mutoh: »Tinte – ein entscheidender Faktor im Druckprozess«. Firmen-Webseite. URL: <http://www.mutoh.eu/de-de/produkte/sonderzubehörunderntinten/tinte.aspx#100691389-farbtopen> [Stand & letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [173] Mutoh: »ValueJet 1617H«. Firmen-Webseite. URL: <http://www.mutoh.eu/de-de/produkte/specialtyindustrial/valuejet1617h.aspx> [Stand & letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [174] Julius Nicolay: »Übersichten als Evaluationshilfe«. Marktübersicht, in: *Druckmarkt Collection 12: Digitaldruck – Rolle, Bogen, Schwarz-Weiß und Farbe*. Frankel: arcus design & verlag, 2012, S. 14–17

- [175] Riso: »Die leistungsstarken Inkjet-Systeme für den hochvolumigen Druck«. Firmen-Webseite. URL: <http://www.risoprinter.de/de/produkte-loesungen#riso-comcolor-x1> [Stand & letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [176] Fespa-Team Digital und Print: »Welcher Flachbett-Drucker ist der Beste für Einsteiger?«. Fachartikel im Web. URL: <http://www.fespa.com/de/neuigkeiten/welche-flachbett-drucker-ist-der-beste-fur-einsteiger.html> [Stand: 25.03.2015; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [177] Mimaki: »Eigenschaften der JFX500-2131«. Firmen-Webseite. URL: <http://www.mimaki.de/products/inkjet-drucker-uv/jfx500-2131-4/#eigenschaften> [Stand & letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [178] Océ: »Océ Crystal Point Technology«. Firmen-Webseite. URL: <http://global.oce.com/oce-innovation/technologies/crystalpoint-technology.aspx> [Stand & letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [179] Xerox: »Xerox Emulsion Aggregation (EA) Toner«. White Paper im Web. URL: <http://www.office.xerox.com/latest/SUPWP-01.pdf> [Stand: 15.04.2013; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [180] Xerox: »EA-Toner Digitaldrucksysteme & Produktionsdrucker«. Firmen-Webseite. URL: <http://www.xerox.de/office-produkte/digital-printing-equipment/digitaldrucksysteme/-toner-ea/dede.html> [Stand: 01.10.2015]
- [181] Ricoh: »Color PXP-EQ Toner«. Firmen-Webseite. URL: http://www.ricoh.com/technology/tech/043_toner.html [Stand & letzter Zugriff: 01.10.2015]
- [182] Xerox: »Xerox Versant 2100 Press«. Firmen-Webseite. URL: <http://www.xerox.de/digitaldruck/digitaldrucksysteme/farbdruk/xerox-versant-2100/dede.html> [Stand & letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [183] Martin Voigt: »XEIKON's Trillium Technologie – KOMMT«. Firmen-Präsentation im Web. URL: <http://www.doxnet.de/download/doxnet-jahreskonferenz-2013-in-baden-baden/?wpdmdl=981&ind=1> [Stand: 19.06.2013; letzter Zugriff: 03.01.2016]
- [184] DIN: DIN EN ISO 638: »Papier, Pappe und Faserstoff – Bestimmung des Trockengehaltes – Wärmeschränkverfahren«. Norm [Stand: Januar 2009]
- [185] Stadtwerke Bietigheim-Bissingen: »Zonenplan Wasserhärte«. Karte im Web. URL: https://www.sw-bb.de/fileadmin/user_upload/seitenstruktur/privatkunden/wasser/wissenswert/wissenswert-trinkwasser/pdf/zonenplan-wasserhaerte.pdf [Stand: 12.10.2015; letzter Zugriff: 30.12.2015]

Danksagung

Ein Thema, das gleichzeitig so komplex und bedeutsam ist wie jenes dieser Arbeit, hätte nicht ohne die Unterstützung von vielen anderen Individuen behandelt werden können. Folgenden Menschen verdienen dafür meinen Dank:

- Zu allererst Rüdiger Maaß vom Fachverband Medienproduktions, der es mir trotz des altbekannten studentischen Geldmangels ermöglicht hat, dass ich am Media-Mundo-Kongress 2014 teilnehmen konnte. Dort bin ich überhaupt erst auf das Problem aufmerksam geworden, dass Toner- und Tinten-drucker nicht so nachhaltig sind wie sie es sein sollten. Zudem hat er mir den Kontakt zu Erna Mijnheer von HP vermittelt. Dieser danke ich dafür, dass sie mich auf die Firma Metapaper hingewiesen hat – wo ich wiederum von Mohawk und deren Inxwell- und i-Tone-Technologien erfahren habe.
- Meinem Betreuer Prof. Hübner danke ich, dass er zur Klimatisierung meiner Papiere das Fraunhofer IPA vorgeschlagen hat, nachdem der Klimaraum der HdM durch die Sommerhitze ausgefallen war. Zwar durfte das Labor des Fraunhofer IPA ebenfalls nicht klimatisiert werden, aber das Keyence-Mikroskop von dort war zum Untersuchen der Papiere eine großartige Ergänzung.
- Meinem Betreuer Prof. Faigle möchte ich gleich zweimal danken: Zuerst hat er mich auf einige grundlegende Quellen hingewiesen, die in dieser Arbeit Verwendung fanden. Nach dem Ausfall des Klimaraums und diversen anderen Schwierigkeiten (zu viele zum Aufzählen, aber auf Murphys Gesetz ist nun einmal Verlass) hat er auch mehrfach eine Verlängerung des Abgabetermins erwirkt.
- Svetlana Schesler vom Fraunhofer IPA möchte ich dafür danken, dass sie mir erlaubt hat, die diversen Geräte dort zu nutzen, ohne dass ich dort angestellt war. Und ihr Kollegen Lars Beierer verdient Dank für diverse Unterstützung bei der Beschaffung von Utensilien und der Anwendung von Geräten. Ohne diese beiden Menschen wären weder die Blistering-Tests möglich gewesen, noch die Oberflächenscans der Papiere und erst recht nicht das Eindampfen der Memjet-Filtrate.
- Andreas Faul von der INGEDE danke ich dafür, dass ich nicht nur das Labor in Bietigheim-Bissingen nutzen konnte, sondern auch dafür, dass er mich für Masterarbeit als HiWi angestellt hat. Immerhin wäre es schon aus zeitlichen Gründen nicht möglich gewesen, nebenher noch in einem anderen Job Geld zu verdienen. Zudem hat er mich an Herrn Schaffrath vom Fachgebiet Papierfabrikation und Mechanische Verfahrenstechnik der TU Darmstadt verwiesen, durch den ich schlussendlich doch einen Klimaraum bekommen habe, in dem ich meine Cobb-Versuche durchführen konnte. Hierfür und für diverse Unterstützung in zeitlicher und methodischer Hinsicht möchte ich Herrn Schaffrath ebenfalls danken – wie auch seiner Kollegin Frau Hennemann.
- Den weiteren INGEDE-Kollegen Christian Trieb und Jens Winter soll für diverse Diskussionen zum Deinking und zu Papieren gedankt sein. Außerdem haben sie mich in die ganzen Laborgeräte eingewiesen. Einen Extra-Dank verdient Jens Winter dafür, dass er mir den Laborschlüssel anvertraut hat, sodass ich auch länger bleiben konnte, falls ein Versuch mal wieder nicht so verlief wie gedacht.
- Andreas Keck soll dafür gedankt sein, dass er, als das Hach-Messgerät gerade zur Kontrolle war, seinen Extech ExStik II zur Verfügung gestellt hat. Ohne diesen wäre die Deinking-Chemie wohl nicht aktualisiert worden und die Durchführung der Versuche hätte aufgeschoben werden müssen.
- Für diverse Informationen bzw. Diskussionen über Papiere und ihre Beschichtungen verdienen folgende Personen meinen Dank: Max Käser von Complott, Stefan Bruch von Sihl, sowie Bernd Rüter von EMBLEM. Letzterem muss ich gleich doppelt danken da er mir auch eine Rolle »Latex UV Paper« kostenlos zukommen lassen hat. Dieses Papier konnte ich zwar aus zeitlichen Gründen nicht weiter untersuchen, aber hierauf habe ich die ersten Tests mit dem Spühkleber durchgeführt.
- Weiterhin verdienen folgende Menschen Dank dafür, dass sie mir die Papiere für meine finalen Druckversuche nicht nur zur Verfügung gestellt haben, sondern dies auch kostenlos geschah: Alexandra Wingen von der IGEP, Stephanie Kienapfel und Vasily Leonov von Mondi, Kristina Frankhänel von der Papier Union, Sonja Micheler von UPM, Edmund Rück von Metsä, Cedrik Türke von Mitsubishi Paper Mills, sowie Christiane Richter von Sihl. Die letztgenannten drei haben sogar das jeweilige Papier ins A3-Format schneiden lassen, obwohl es normalerweise nur auf Rolle angeboten wird.

- *Clemens Meißner von Okapost möchte ich besonders danken, da er mich die in der Firma befindlichen Riso- und Memjet-Drucker kostenlos nutzen lassen hat.*
- *Einen besonderen Dank verdient auch Beatrix Nowarra von X-Doc Solution dafür, dass sie die Drucke auf der Versant Press ermöglicht hat (und das kostenlos!) und dafür, dass sie mich aufs Copy Cobana hingewiesen hat, wo schließlich die ColorQube-Drucke hergestellt werden konnten.*
- *Felix Walter von Walter Digital möchte ich für die noble Geste danken, dass er mir, nachdem die angedachten Drucke auf der Indigo 7600 wegen des Maschinenfehlers abgebrochen werden mussten, den Kontakt zu E. Kurz vermittelt hat – obwohl diese Firma eigentlich ein Konkurrent ist.*
- *Volker Lienig von Mutoh verdient einen besonderen Dank dafür, dass ich kostenlos (!) im firmeneigenen Demoraum (!!) nicht nur den ValueJet 1617H nutzen konnte, sondern auch den ValueJet 426UF als kleinen UV-Fachbettdrucker testen konnte – selbst wenn sich dieser als zu langsam herausgestellt hat, als dass ich damit die nötige Menge an UV-Drucke hätte herstellen können. Ebenso soll auch Peter Nürnberg nicht unbedankt bleiben, der einen Tag opferte, um mich in Mutohs Maschinen und Software einzuweisen, sodass ich die Drucke selbstständig durchführen konnte.*
- *Schließlich möchte ich Thorge Nicolaisen von Stichnothe dafür danken, dass er sehr kurzfristig meine Druckversuche auf der Mimaki JFX hat ermöglichen können, nachdem die frühere Zusage einer anderen Firma für diese Maschine kurz vor dem Drucktermin zurückgezogen wurde.*

Falls ich bei dieser Menge an Personen jemanden vergessen habe, möge der oder die Betroffene mir das bitte verzeihen.